



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

**OPTIMASI REKONFIGURASI JARINGAN DAN PENENTUAN
LOKASI *DISTRIBUTED GENERATION* (DG) MENGGUNAKAN
METODE *GENETIC ALGORITHM* UNTUK MEMINIMALKAN
DEVIASI TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL
TIGA FASA**

Muhammad Bagus Priambodo
NRP 2213105058

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Ir. Teguh Yuwono

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 141599

**NETWORK RECONFIGURATION AND DISTRIBUTED
GENERATION (DG) PLACEMENT OPTIMIZATION USING
GENETIC ALGORITHM FOR VOLTAGE DEVIATION
MINIMIZATION OF THREE PHASE RADIAL DISTRIBUTION
NETWORK**

Muhammad Bagus Priambodo
NRP 2213105058

Advisor
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Ir. Teguh Yuwono

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

**OPTIMASI REKONFIGURASI JARINGAN DAN
PENENTUAN LOKASI *DISTRIBUTED GENERATION*
(DG) MENGGUNAKAN METODE *GENETIC*
ALGORITHM UNTUK MEMINIMALKAN DEVIASI
TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI
RADIAL TIGA FASA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc. Ph.D
NIP. 194907151974121001

Dosen Pembimbing II



Ir. Teguh Yuwono
NIP. 195008061976121002



Optimasi Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan Lokasi *Distributed Generation* (DG) Menggunakan Metode *Genetic Algorithm* untuk Meminimalkan Deviasi Tegangan pada Jaringan Distribusi Radial Tiga Fasa

Muhammad Bagus Priambodo
2213 105 058

Dosen Pembimbing I : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Dosen Pembimbing II : Ir. Teguh Yuwono

Abstrak:

Dalam perkembangannya sistem distribusi listrik menjadi semakin besar dan kompleks sehingga menyebabkan rugi-rugi daya yang lebih tinggi dan regulasi tegangan yang buruk. Studi menunjukkan bahwa hampir 10-13% dari total daya yang dihasilkan hilang sebagai kerugian I^2R pada tingkat distribusi, yang menyebabkan peningkatan biaya energi dan profil tegangan yang buruk sepanjang penyulang distribusi. Metode yang paling umum digunakan untuk menambah stabilitas tegangan sistem distribusi adalah rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG. Pada penelitian ini digunakan *plant* standar IEEE 33 Bus untuk mendapatkan aliran daya awal yang akan dioptimasi dengan fungsi objektif meminimalkan deviasi tegangan menggunakan metode *Genetic Algorithm* (GA). Metode ini merepresentasikan analisa untuk menemukan keadaan yang optimal dalam rekonfigurasi jaringan, penentuan lokasi, dan ukuran DG. Hasil analisa menggunakan metode yang diusulkan dibandingkan dengan menggunakan *software* ETAP. Dari hasil perhitungan didapatkan pengurangan indeks deviasi tegangan (V_d) maksimum (terburuk) sebesar 84% dari indeks V_d 0.0869 (0.9131 p.u.) pada *base case* menjadi 0.0143 (0.9857 p.u.) setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan dan pemasangan DG secara bersamaan (kasus 4) dengan *error* maksimum perhitungan sebesar 1,77%.

Kata Kunci : *Distributed Generation* (DG), Deviasi tegangan, *Genetic Algorithm* (GA), dan Rekonfigurasi Jaringan.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Network Reconfiguration and Distributed Generation (DG) Placement Optimization Using Genetic Algorithm for Voltage Deviation Minimization of Three Phase Radial Distribution Network

Muhammad Bagus Priambodo
2213 105 058

Supervisor I : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Supervisor II : Ir. Teguh Yuwono

Abstract:

In recent times, electric distribution systems becoming large and complex leading to higher system loss and poor voltage regulation. Studies show that almost 10-13% of the total power generated is lost as I^2R losses at the distribution level, which leads to increased energy costs and poor voltage profile along the distribution feeder. The most common method used for voltage stability enhancement is network reconfiguration and determining the location of DG. In this study used standard IEEE 33-Bus test system to get the initial power flow that will be optimized with objective function to minimizing voltage deviation using Genetic Algorithm (GA). This method represents an analysis to find the optimal circumstances within the network reconfiguration, determining the location and size of the DG. Results of analysis using the proposed method compared with ETAP software. From the calculation results obtained reduction of the voltage deviation index (Vd) maximum (worst) to 84% from Vd index 0.0869 (0.9131 p.u.) in the base case into 0.0143 (0.9857 p.u.) after simultaneously network reconfiguration and DG installation (case 4) with maximum error calculation is 1.77%.

Keywords : Distributed Generation (DG), Genetic Algorithm (GA), Network Reconfiguration, and Voltage deviation.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, dengan segala puji syukur kepada Allah SWT yang memiliki segala apa yang ada di dunia. Dengan segala kerendahan hati, hanya karena limpahan kasih sayang, karunia, petunjuk, dan bimbingan Allah SWT penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Optimasi Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan Lokasi Distributed Generation (DG) Menggunakan Metode Genetic Algorithm untuk Meminimalkan Deviasi Tegangan pada Jaringan Distribusi Radial Tiga Fasa”**

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri-Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Atas selesainya penyusunan Tugas Akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas limpahan ridho, rahmat dan karunia-Nya.
2. Syafaat Muhammad Rasulullah SAW
3. Bunda, Bapak, Adik-adik serta seluruh keluarga yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan studi.
4. Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, PhD dan Ir. Teguh Yuwono sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan perhatiannya dalam penyelesaian Tugas Akhir.
5. Pak Yanto, yang telah banyak memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis selama penyelesaian Tugas Akhir.
6. Teman-teman seperjuangan Final Project B103 Nizar, Aris, Surya, Anto, Gama, Khakim, Agung, Okta, dan Yaqin. Serta keluarga besar Power LJ 2013 gasal.
7. Seluruh dosen yang telah memberikan ilmunya selama kuliah, karyawan, dan keluarga besar Jurusan Teknik Elektro
8. Keluarga Gerakan Melukis Harapan terutama bidang Pendidikan: Dyah, Faris, Mustofa, Maya, Dian dkk yang telah memberikan motivasi untuk menyelesaikan TA ini.

Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi mahasiswa maupun peneliti. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan, untuk itu kritik dan saran diharapkan untuk penyempurnaan Tugas Akhir ini.

Surabaya, Juli 2015
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika	3
1.7 Relevansi	4

BAB II SISTEM DISTRIBUSI RADIAL DAN PARAMETER OPTIMASI

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	5
2.2 Sistem Jaringan Distribusi Radial	6
2.2.1 Sistem Radial Pohon	9
2.2.2 Sistem Radial dengan Tie dan Switch Pemisah	10
2.2.3 Sistem Radial dengan Pembagian Fasa Area	10
2.2.4 Sistem Radial dengan Pusat Beban	11
2.2.5 Sistem Margerithe	12
2.3 Penurunan Tegangan	13
2.4 Rekonfigurasi Jaringan	14
2.5 <i>Distributed Generation</i> (DG)	14

BAB III REKONFIGURASI JARINGAN DAN PENENTUAN LOKASI DG MENGGUNAKAN GA

3.1 Jaringan Distribusi Radial IEEE 33 Bus	20
3.2 Aliran Daya	23
3.3 Fungsi <i>Fitness</i>	23

3.4 Bangkitkan Generasi Awal.....	23
3.5 Pengalamatan Nilai Bit Solusi.....	23
3.6 Pembuatan <i>Database</i>	24
3.7 Sesuaikan Hasil Dekodekan Kromosom dengan <i>Database</i>	24
3.8 <i>Load Flow</i> Pertama.....	24
3.9 <i>CrossOver</i>	25
3.10 Mutasi.....	25
3.11 <i>Load flow</i> ulang.....	25
3.12 Rekam Nilai Solusi dan <i>Fitness</i>	25
3.13 Menggambar Kurva <i>Fitness</i>	26
3.14 Cetak hasil optimasi.....	26
3.15 Implementasi Rekonfigurasi Jaringan Menggunakan GA.....	26
3.16 Implementasi Lokasi dan Ukuran DG Menggunakan GA.....	28
3.17 Implementasi Rekonfigurasi Jaringan dan Lokasi serta Ukuran DG Menggunakan GA.....	29

BAB IV SIMULASI DAN ANALISA DATA

4.1 Kasus 1 – <i>Base Case</i>	31
4.2 Kasus 2 – Rekonfigurasi Jaringan	35
4.3 Kasus 3 – Pemasangan DG.....	38
4.4 Kasus 4 – Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan DG	41
4.5 Perbandingan indeks V_d	44

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIOGRAFI PENULIS

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi DG berdasarkan kapasitas pembangkitan	16
Tabel 2.2 Klasifikasi DG berdasarkan Teknologi Pembangkitan	17
Tabel 3.1 Data Impedansi Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus.....	21
Tabel 3.2 Data Beban Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus	22
Tabel 4.1 Hasil Aliran Daya awal dalam pu	32
Tabel 4.2 Hasil Indeks Vd awal Tanpa Optimasi.....	33
Tabel 4.3 Indeks Vd terburuk Tanpa Optimasi	35
Tabel 4.4 Lima lokasi <i>tie switch</i> terbuka kasus 2	35
Tabel 4.5 Indeks Vd kasus 2 – Rekonfigurasi Jaringan	36
Tabel 4.6 Indeks Vd terburuk Kasus 2	38
Tabel 4.7 Lokasi dan Ukuran DG pada Kasus 2	38
Tabel 4.8 Indeks Vd kasus 3 – Pemasangan DG.....	39
Tabel 4.9 Indeks Vd terburuk Kasus 3	40
Tabel 4.10 Lima lokasi <i>tie switch</i> terbuka kasus 4	41
Tabel 4.11 Lokasi dan Ukuran DG pada Kasus 4	41
Tabel 4.12 Indeks Vd kasus 4	42
Tabel 4.13 Indeks Vd terburuk Kasus 4	43
Tabel 4.14 Perbandingan Indeks Vd maksimum (terburuk)	44
Tabel 4.15 Perbandingan Indeks Vd antar kasus	45

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh sistem jaringan distribusi radial sederhana	6
Gambar 2.2 Contoh pengaturan sistem radial	7
Gambar 2.3 Dua jaringan radial yang dihubungkan dengan <i>normally open tie switch</i> (saklar terbuka dalam kondisi normal).....	8
Gambar 2.4 Jaringan distribusi radial pohon	9
Gambar 2.5 Sistem jaringan distribusi radial dengan <i>tie</i> dan switch pemisah	10
Gambar 2.6 Sistem jaringan distribusi radial dengan fasa area	11
Gambar 2.7 Sistem jaringan distribusi radial dengan pusat beban	12
Gambar 2.8 Sistem margerithe	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir	19
Gambar 3.2 Jaringan Distribusi Radial IEEE 33 Bus	20
Gambar 3.3 Contoh Bit Generasi Awal	23
Gambar 3.4 Pengamatan Nilai Bit Solusi.....	24
Gambar 3.5 Cross Over.....	25
Gambar 3.6 Mutasi.....	25
Gambar 3.7 Contoh topologi jaringan mengalami rekonfigurasi	27
Gambar 3.8 Topologi Jaringan Dengan Pemasangan DG.....	28
Gambar 3.9 Contoh topologi Jaringan dengan Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan DG	29
Gambar 4.1 Profil tegangan (pu) kasus 1	34
Gambar 4.2 Indeks Vd kasus 1	34
Gambar 4.3 Indeks Vd kasus 2	37
Gambar 4.4 Indeks Vd kasus 3	40
Gambar 4.5 Indeks Vd kasus 4	43
Gambar 4.6 Perbandingan Indeks Vd maksimum (terburuk).....	44
Gambar 4.7 Perbandingan Indeks Vd antar kasus.....	46

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangannya sistem distribusi listrik menjadi semakin besar dan kompleks sehingga menyebabkan rugi-rugi daya yang lebih tinggi dan regulasi tegangan yang buruk. Studi menunjukkan bahwa hampir 10-13% dari total daya yang dihasilkan hilang sebagai kerugian I^2R pada tingkat distribusi, yang menyebabkan peningkatan biaya energi dan profil tegangan yang buruk sepanjang penyulang distribusi [1]. Metode yang paling umum digunakan untuk menambah stabilitas tegangan distribusi tenaga listrik adalah rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG [2].

Sistem distribusi pada umumnya dioperasikan secara radial. Dalam strategi rekonfigurasi sistem distribusi yang bersifat radial, setiap beban dilayani oleh satu sumber sehingga perlu adanya pengoptimalan operasi jaringan. Deviasi tegangan pada sistem distribusi tidak akan menjadi minimal pada konfigurasi jaringan yang tetap untuk semua kasus dengan beban yang berbeda. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan level beban tersebut, jaringan distribusi perlu diintegrasikan dengan DG. Pemilihan lokasi DG yang tepat dan konfigurasi ulang jaringan yang dilakukan secara simultan diharapkan mampu meminimalkan deviasi tegangan yang terjadi pada sistem distribusi.

Berdasar data yang didapatkan dari aliran daya sistem distribusi akan dioptimasi dengan fungsi obyektif meminimalkan deviasi tegangan. Algoritma optimasi yang akan digunakan untuk meminimalkan deviasi tegangan adalah *Genetic Algorithm* (GA). Metode ini merepresentasikan analisa untuk menemukan keadaan yang optimal dalam penentuan lokasi dan ukuran DG serta rekonfigurasi jaringan.

1.2 Perumusan masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Implementasi rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG secara simultan pada sistem distribusi radial.
2. Mekanisme analisa aliran beban bekerja untuk memperoleh deviasi tegangan terkecil.

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai melalui tugas akhir ini adalah:

1. Menerapkan metode *Genetic Algorithm* dalam sistem distribusi untuk rekonfigurasi jaringan, menentukan lokasi dan ukuran DG pada jaringan distribusi yang optimal.
2. Meminimalkan deviasi tegangan pada sistem distribusi radial tiga fasa seimbang.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menyelesaikan masalah dalam Tugas Akhir ini, maka perlu diberi batasan-batasan sebagai berikut:

1. *Software* yang digunakan adalah MATLAB.
2. Dalam tugas akhir ini tidak membahas tentang metode aliran daya.
3. Penentuan rekonfigurasi jaringan, lokasi dan ukuran DG dilakukan dengan metode *Genetic Algorithm*.
4. *Plant* yang digunakan adalah sistem jaringan distribusi IEEE 33 Bus 3 Fasa Seimbang 12.66 kV.
5. Parameter yang diambil hanya *magnitude* tegangan.
6. *Constraint* yang digunakan yakni *constraint* tegangan :
 $0.95 < V < 1.05$ p.u.
7. Sistem beroperasi dalam keadaan normal, tidak dalam gangguan.
8. Kuat Hantar Arus (KHA) saluran dianggap ideal.
9. Sistem tiga fasa yang digunakan yakni sistem tiga fasa seimbang.

1.5 Metodologi

Metode penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Studi literatur
Dalam tahap ini dilakukan pengumpulan literatur yang dibutuhkan untuk pengerjaan dan penelitian Tugas Akhir (TA). Studi literatur meliputi pembelajaran mengenai DG, rekonfigurasi jaringan, studi aliran daya, *Genetic Algorithm*, dan Deviasi Tegangan. Literatur yang digunakan meliputi buku, jurnal ilmiah, prosiding dan artikel-artikel dari internet.

2. Pengumpulan data
Setelah mempelajari literatur-literatur yang ada, maka dilakukan pengumpulan data-data tentang DG, rekonfigurasi, studi aliran daya, *Genetic Algorithm*, dan Deviasi Tegangan.
3. Pemodelan dan Simulasi
Setelah mendapatkan dan mengolah data-data tersebut, penulis akan memodelkannya dalam bentuk simulasi menggunakan *software* MATLAB. Pemodelan yang dilakukan meliputi rekonfigurasi jaringan dan integrasi unit DG pada sistem distribusi IEEE 33-Bus yang diujikan dengan proses optimasi menggunakan GA berdasarkan fungsi obyektif yang telah ditentukan, yaitu meminimalkan deviasi tegangan.
4. Analisa data
Dari simulasi yang dilakukan akan didapatkan hasil studi aliran daya yang akan dianalisa lebih lanjut. Parameter-parameter yang dianalisis meliputi nilai tegangan dimasing-masing bus, serta penurunan deviasi tegangan pada jaringan.
5. Penulisan laporan Tugas Akhir
Sebagai hasil akhir dari penelitian ini, dilakukan penulisan laporan untuk menuangkan hasil penelitian tugas akhir ini secara lebih komprehensif.

1.6 Sistematika

Dalam penulisan buku tugas akhir ini sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut :

BAB 1 Pendahuluan

Bab ini berisi tentang penjelasan mengenai latar belakang, permasalahan, tujuan, metodologi, sistematika, serta relevansi dari penelitian yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini.

BAB 2 Sistem Distribusi Radial dan Parameter Optimasi

Bab ini berisi tentang dasar teori mengenai Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Sistem Jaringan Distribusi Radial, Penurunan Tegangan, Rekonfigurasi Jaringan, dan *Distributed Generation* (DG).

BAB 3 Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan Lokasi DG Menggunakan *Genetic Algorithm* (GA)

Bab ini berisi tentang *plant* yang digunakan, langkah-langkah dalam menggunakan GA, dan pemodelan sistem menggunakan *software* MATLAB. Pemodelan yang dilakukan meliputi implementasi rekonfigurasi jaringan, implementasi pemasangan DG dengan menentukan ukuran dan lokasinya, serta implementasi penggabungan rekonfigurasi jaringan dan pemasangan DG. Implementasi optimasi menggunakan GA berdasarkan fungsi obyektif yang telah ditentukan, yaitu meminimalkan deviasi tegangan.

BAB 4 Simulasi dan Analisa Data

Bab ini berisi tentang hasil simulasi dan analisa berdasarkan data yang diperoleh dari sistem yang dijalankan sesuai dengan kasus yang ditetapkan untuk simulasi. Berisi empat kasus simulasi yaitu *base case*, rekonfigurasi jaringan, pemasangan DG, dan penggabungan rekonfigurasi jaringan dan pemasangan DG.

BAB 5 Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran mengenai hasil penelitian pada tugas akhir yang telah diselesaikan.

1.7 Relevansi

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Dapat menjadi referensi bagi mahasiswa lain yang hendak mengambil masalah yang serupa untuk tugas akhir.
2. Dapat menjadi referensi penelitian untuk mengoptimalkan dan mengembangkan sistem pembangkit listrik dengan menggunakan Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan *Distributed Generation* (DG) dengan menentukan lokasi dan ukurannya.

BAB II

SISTEM DISTRIBUSI RADIAL DAN PARAMETER OPTIMASI

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik terdiri dari berbagai macam tingkat, mulai pembangkit, transmisi, sampai dengan distribusi. Pada sistem distribusi berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari Gardu Induk ke pusat-pusat beban (Gardu Distribusi) atau konsumen. Sistem distribusi diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem berdasarkan tingkat tegangannya, yaitu :

1. Sistem distribusi primer / tegangan menengah
2. Sistem distribusi sekunder / tegangan rendah

Sistem distribusi primer merupakan bagian dari sistem distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat *supply* daya (Gardu Induk) ke pusat – pusat beban (Gardu Distribusi). Sistem distribusi ini secara umum terpasang sepanjang daerah yang dialiri tenaga listrik dengan membentuk jaringan atau penyulang – penyulang sampai ke pusat beban paling akhir. Tingkat tegangan yang digunakan pada sistem distribusi primer adalah tegangan menengah (misalnya 6 KV atau 20 KV).

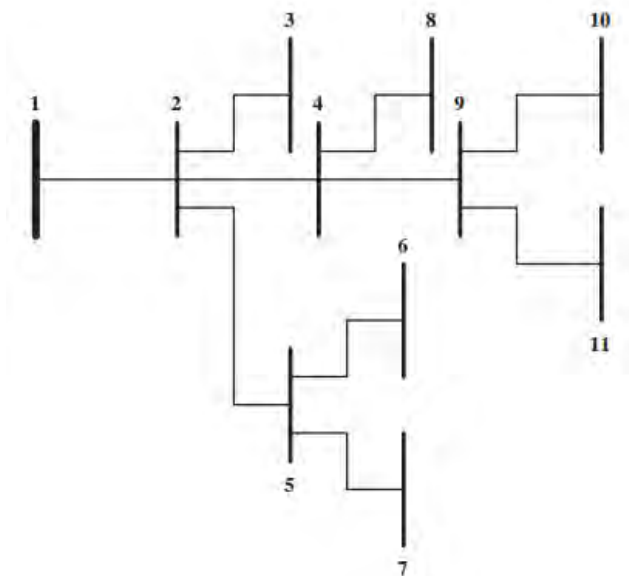
Sistem distribusi sekunder merupakan bagian dari sistem distribusi tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik secara langsung dari Gardu Induk ke masing – masing konsumen. Sedangkan sistem jaringan yang digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik tersebut dapat menggunakan sistem 1 fasa dengan dua kawat (fasa dan netral) maupun sistem 3 fasa dengan empat kawat (tiga fasa dan satu netral). Tingkat tegangan yang digunakan pada sistem distribusi sekunder adalah tegangan rendah (misalnya 127/220 Volt atau 220/380 Volt).

Ada beberapa bentuk sistem jaringan yang umum dipergunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik yaitu :

1. Sistem jaringan distribusi radial.
2. Sistem jaringan distribusi rangkaian tertutup (*loop*).
3. Sistem jaringan distribusi *mesh*.
4. Sistem jaringan distribusi *spindle*.

2.2 Sistem Jaringan Distribusi Radial

Sistem ini memiliki jaringan yang ditarik secara radial dari Gardu Induk ke pusat-pusat beban yang dilayaninya. Memiliki saluran utama (*Trunk Line*) dan saluran cabang (*Lateral*).



Gambar 2.1 Contoh sistem jaringan distribusi radial sederhana [1]

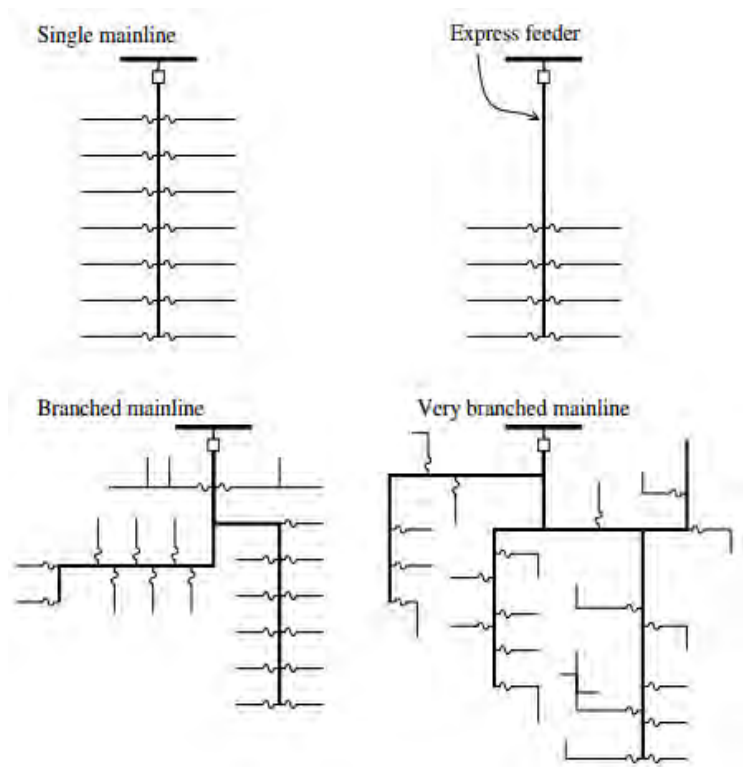
Transformator penurun tegangan (*step down transformer*) dipasang pada sembarang titik pada jaringan yang sedekat mungkin dengan wilayah beban yang dilayani. Misalnya pada jaringan PLN, transformator sistem distribusi menurunkan tegangan 20 KV menjadi 380/220 V. Sistem radial memiliki jatuh tegangan yang cukup besar, yaitu semakin jauh jarak beban dari sumber maka drop tegangannya semakin besar.

Sistem radial memiliki biaya pembangunan yang relatif murah karena menggunakan peralatan listrik yang lebih sedikit jika dibandingkan sistem jaringan lain. Tetapi jika dibandingkan sistem lain, keandalannya lebih rendah, sehingga kurang cocok digunakan

pada beban-beban yang memerlukan keandalan tinggi, seperti rumah sakit, fasilitas pemerintah pusat maupun daerah, instalasi militer, dan tempat yang memiliki status penting atau sangat penting.

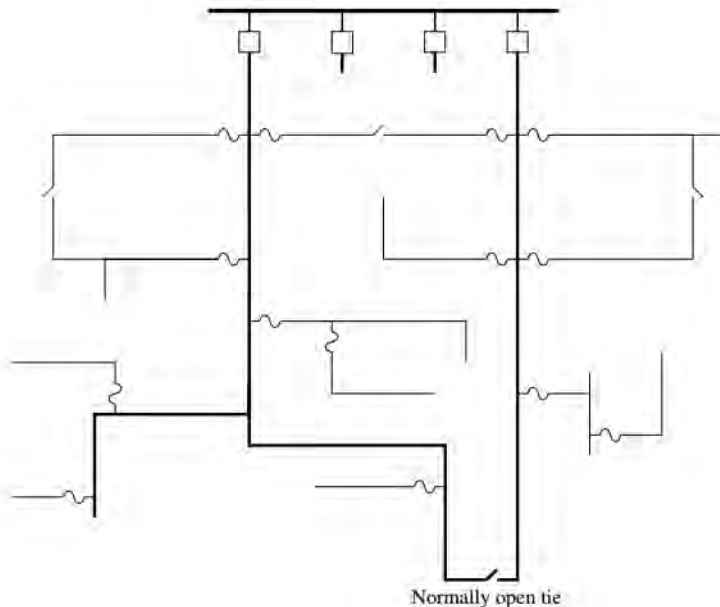
Secara umum keuntungan menggunakan sistem radial antara lain [3] :

1. Lebih mudah dalam proteksi arus gangguan.
2. Arus gangguan lebih rendah dibanding jaringan lain.
3. Lebih mudah dalam kontrol tegangan.
4. Lebih mudah dalam prediksi dan kontrol aliran daya.
5. Lebih murah.



Gambar 2.2 Contoh pengaturan sistem radial [3]

Sistem radial memiliki berbagai bentuk dan ukuran (Gambar 2.2). Pengaturannya tergantung pada tata letak jalan, bentuk daerah yang dicakup oleh jaringan, hambatan (seperti danau), dan di mana beban besar berada. Secara umum tata letak pinggiran kota memiliki penyulang utama sepanjang jalan dengan terdapat jaringan cabang di sisi-sisi jalan untuk mencapai beban. Penyulang ekspres (*Express feeder*) menyuplai konsentrasi beban yang agak jauh dari gardu. Dengan banyak jaringan yang berasal dari satu gardu, sejumlah jaringan mungkin memiliki penyulang ekspres, beberapa penyulang mencakup wilayah yang dekat dengan gardu, dan penyulang ekspres untuk melayani daerah jauh dengan gardu.



Gambar 2.3 Dua jaringan radial yang dihubungkan dengan *normally open tie switch* (saklar terbuka dalam kondisi normal) [3].

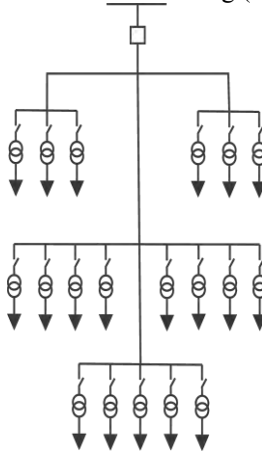
Untuk meningkatkan keandalan, sistem radial sering disediakan dengan saklar yang terbuka dalam kondisi normal (*normally open tie switch*) ke jaringan lain seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Sirkuit masih dioperasikan radial, tetapi jika terjadi kesalahan pada salah satu jaringan, saklar (*tie switch*) memungkinkan beberapa bagian dari jaringan dapat dipulihkan dengan cepat. Biasanya, saklar ini dioperasikan secara manual, tetapi beberapa utilitas menggunakan saklar otomatis atau reclosers untuk melakukan operasi ini secara otomatis.

Sistem distribusi radial mempunyai beberapa bentuk modifikasi, antara lain :

1. Sistem Radial Pohon.
2. Sistem Radial dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah.
3. Sistem Radial dengan Pembagian Fasa Area.
4. Sistem Radial dengan Pusat Beban.
5. Sistem Margerithe.

2.2.1 Sistem Radial Pohon

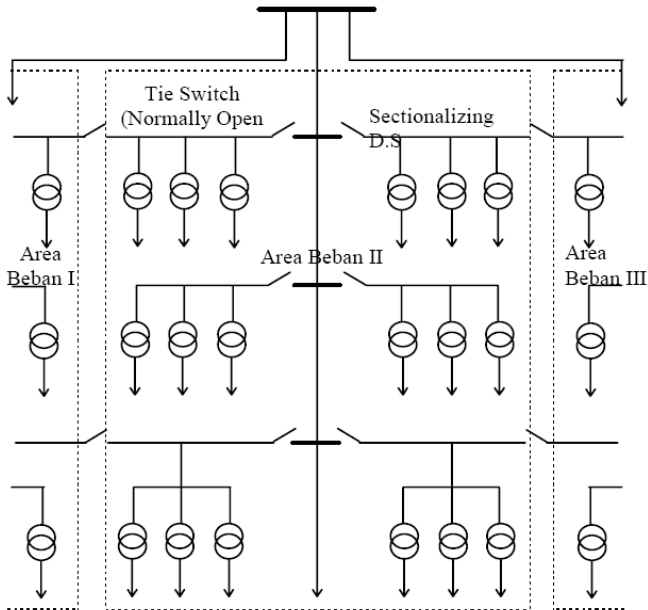
Sistem jaringan radial pohon ini merupakan bentuk yang paling dasar dari sistem jaringan radial. Saluran utama (*main feeder*) ditarik dari suatu Gardu Induk sesuai dengan kebutuhan, kemudian dicabangkan melalui saluran cabang (*lateral feeder*), selanjutnya dicabangkan lagi melalui saluran anak cabang (*sub lateral feeder*).



Gambar 2.4 Jaringan distribusi radial pohon

2.2.2 Sistem Radial dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah

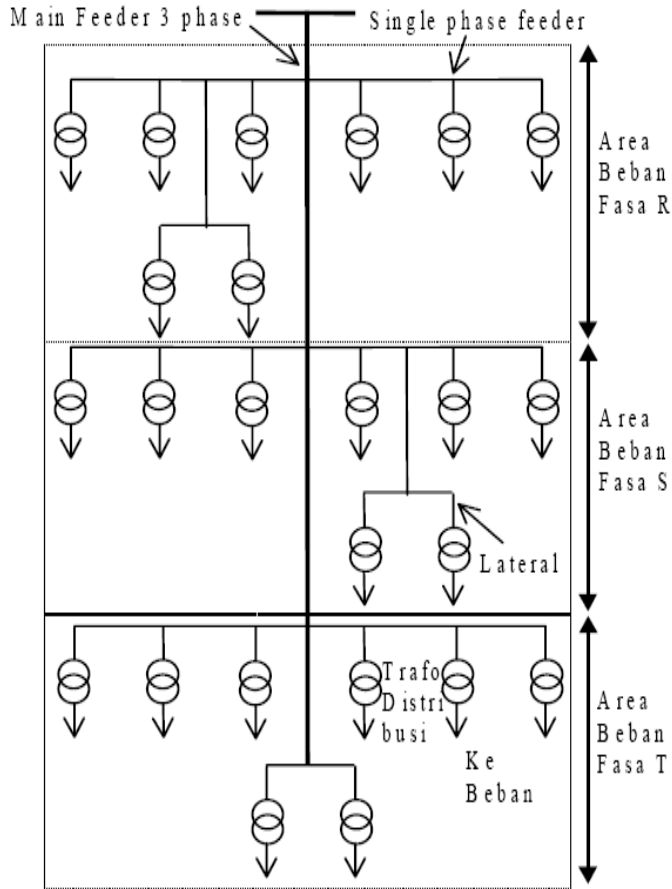
Sistem ini merupakan pengembangan dari sistem radial pohon, dengan tujuan untuk meningkatkan keandalan sistem saat terjadi gangguan maka *feeder* yang terganggu akan dilokalisasi sedangkan area yang semula dilayani *feeder* tersebut, pelayanannya dialihkan pada *feeder* yang normal atau yang tidak terganggu.



Gambar 2.5 Sistem jaringan distribusi radial dengan *tie* dan *switch* pemisah

2.2.3 Sistem Radial dengan Pembagian Fasa Area

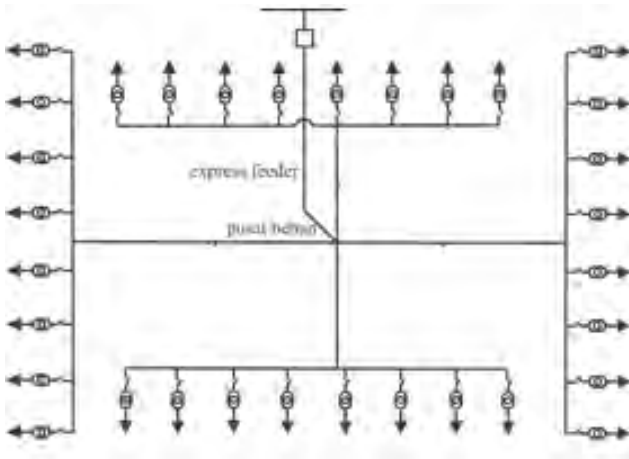
Pada bentuk ini masing – masing fasa dari jaringan bertugas melayani daerah beban yang berlainan. Bentuk ini dapat mengakibatkan kondisi sistem tiga fasa yang tidak seimbang (simetris), bila digunakan pada daerah beban yang baru dan belum tetap pembagian bebannya. Oleh karena itu cocok untuk daerah beban yang stabil dengan penambahan maupun pembagian bebannya dapat diatur merata dan simetris pada setiap fasanya.



Gambar 2.6 Sistem jaringan distribusi radial dengan fasa area

2.2.4 Sistem Radial dengan Pusat Beban

Bentuk dari sistem ini mensupply daya dengan menggunakan *main feeder* yang disebut *express feeder* langsung ke pusat beban, dan dari titik pusat beban ini disebar dengan menggunakan *backfeeder* secara radial seperti terlihat pada gambar 2.7.

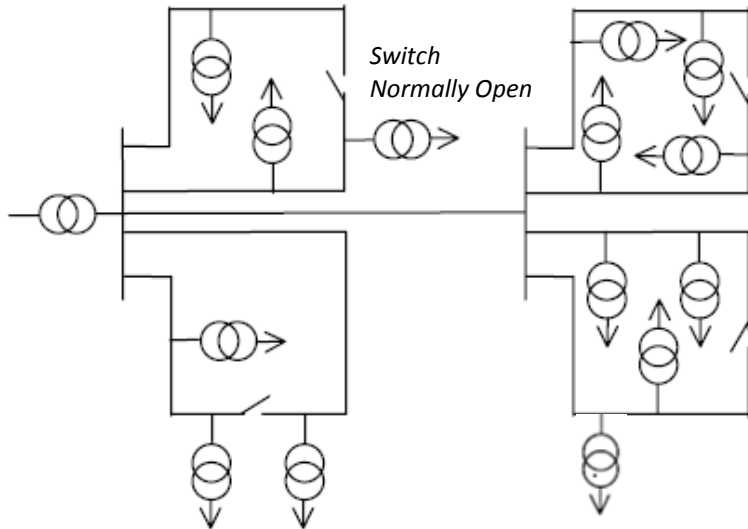


Gambar 2.7 Sistem jaringan distribusi radial dengan pusat beban

2.2.5 Sistem Margerithe

Sistem Margerithe pada dasarnya merupakan pengembangan dari sistem radial dengan dua atau lebih saluran primer yang ditarik secara radial kepusat – pusat beban yang memerlukan. Pada titik pusat beban ini daya disebar secara radial tetapi antara masing – masing salurannya dapat dihubungkan satu sama lainnya melalui suatu alat pemisah/penghubung yang dipasang diantara saluran – saluran tersebut. gambar 2.8 menunjukkan bentuk umum jaringan dengan sistem Margerithe.

Alat pemisah atau penghubung yang terpasang diantara saluran – saluran tersebut secara umum bukan dari jenis pemutus beban otomatis. Pada keadaan normal saklar pemisah atau penghubung berada pada posisi terbuka sedangkan pada saat salah satu saluran sistem mengalami gangguan maka daerah dibelakang titik gangguan tersebut dapat dicatu melalui saluran sistem yang lain dengan cara memutus saklar pemisah atau penghubung tersebut. Tingkat kontinuitas pelayanan pada sistem Margerithe lebih baik dibandingkan dengan sistem radial biasa dan secara umum dipergunakan untuk mencatu daerah perkotaan dengan kerapatan beban sedang dan bebannya tidak *uniform*.



Gambar 2.8 Sistem margerithe

2.3 Penurunan Tegangan

Adanya beban dan impedansi pada saluran jaringan distribusi, menyebabkan adanya penurunan tegangan pada bus. Penurunan tegangan yang paling terlihat signifikan adalah pada saat terjadi beban puncak, hal ini dikarenakan, beban yang disuplai bertambah besar. Berdasarkan SPLN 72 .1987, penurunan tegangan yang diizinkan adalah sebesar 5% dari tegangan kerjanya.

Dalam Tugas Akhir ini menggunakan sebuah indeks deviasi tegangan (ΔV_D) untuk menentukan nilai tegangan yang diharapkan. Indeks deviasi tegangan di definisikan sebagai:

$$\Delta V_D = \max \left(\frac{V_1 - V_k}{V_1} \right), k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

Dari persamaan diatas, V_1 merupakan tegangan referensi atau tegangan nominal, besarnya dalam p.u adalah 1.0, pada sistem distribusi tegangan referensi bisa diartikan sebagai *substation*, yang

menyuplai ke beban . Sedangkan V_k merupakan tegangan di bus lain, selain bus referensi.

Pada Tugas Akhir ini akan mencoba untuk meminimalkan ΔV_D tertinggi agar memiliki nilai mendekati nol sehingga dapat meningkatkan stabilitas tegangan dan kinerja jaringan.

2.4 Rekonfigurasi Jaringan

Rekonfigurasi jaringan distribusi pada Tugas Akhir ini merupakan salah satu cara untuk mengurangi deviasi tegangan pada jaringan distribusi serta untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi dengan mengatur ulang konfigurasi jaringan dengan jalan membuka dan menutup *tie switch* yang terdapat pada jaringan distribusi sehingga efisiensi daya listrik yang disalurkan meningkat dan konsumen dapat dilayani dengan baik.

2.5 Distributed Generation (DG)

Distributed Generation (DG) merupakan suatu pembangkit tenaga listrik yang berukuran kecil dan bukan merupakan bagian dari sistem pembangkit pusat, melainkan berada dekat dengan beban [4]. Terdapat perbedaan dalam penggunaan istilah DG di beberapa negara dunia. Negara-negara Anglo-Amerika menggunakan istilah *Embedded Generation*, Amerika Utara menggunakan istilah *Dispersed Generation*, sedangkan Eropa dan sebagian Asia menggunakan istilah *Decentralised Generation* [5].

Selain perbedaan nama, penentuan rentang ukuran atau kapasitas DG juga mengalami perbedaan. Beberapa definisi kapasitas DG yang dimiliki oleh lembaga-lembaga riset internasional adalah sebagai berikut:

1. The Electric Power Research Institute mendefinisikan DG sebagai pembangkit dengan kapasitas beberapa kilowatt sampai dengan 50 MW [6].
2. Gas Research Institute mendefinisikan DG sebagai pembangkit dengan kapasitas antara 25 kW hingga 25 MW [7].
3. Preston dan Rastler menentukan ukuran mulai dari beberapa kilowatt hingga lebih dari 100 MW [8].

4. Cardell mendefinisikan DG sebagai pembangkit dengan kapasitas antara 500 kW hingga 1 MW [9].
5. International Conference on Large High Voltage Electric Systems (CIGRE) mendefinisikan DG sebagai pembangkit dengan kapasitas antara 50 hingga 100 MW [10].

Berdasarkan tujuan instalasinya, pembangkit tersebar dibangun untuk menyediakan sumber daya aktif dalam sistem tenaga listrik, sehingga penempatan DG tidak diharuskan untuk mampu menyediakan daya reaktif yang dibutuhkan oleh sistem [5].

Definisi lokasi DG dari masing-masing pengarang juga sangat bervariasi. Kebanyakan pengarang mendefinisikan lokasi DG pada sistem distribusi, dan dalam beberapa literatur penempatan DG juga termasuk pada sisi sistem transmisi [6].

Kapasitas maksimum yang mungkin disuplai oleh DG sebagai sumber energi listrik sering digunakan untuk membatasi klasifikasi dari DG itu sendiri. Namun penentuan kapasitas DG ini bukan merupakan faktor kritis dalam menentukan definisi DG [6]. Kapasitas maksimum yang dapat dikoneksikan dengan sistem tergantung pada kapasitas sistem dan berkorelasi dengan level tegangan tempat dimana DG tersebut diletakkan. Desain teknis dari masing-masing sistem sangatlah unik, karena itu, tidak ada definisi umum dari kapasitas pembangkitan maksimum yang dapat dikoneksikan ke sistem [5].

Dengan melakukan perhitungan terhadap beberapa data awal tersebut, maka dapat dihasilkan data umum kapasitas DG yang dibutuhkan oleh sistem. *Klopper et al.* menyebutkan bahwa sistem pembangkit yang berkapasitas antara 100 MW hingga 150 MW tidak dapat dikoneksikan pada sistem tegangan 110 kV, karena adanya beberapa batasan teknis [11]. Karena sistem 110 kV ini merupakan level tegangan terbesar yang dioperasikan untuk sistem distribusi, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kapasitas maksimum untuk pembangkit tersebar adalah 100-150 MW.

Namun, di Berlin perusahaan jaringan lokal, BEW AG membangun pembangkit tersebar dengan kapasitas mencapai 300MW. Sistem distribusi yang didukung bervariasi pada tegangan 110 kV dan 33 kV. Jaringan distribusi tersebut dimiliki dan dioperasikan sendiri oleh BEW AG [5].

Beberapa permasalahan teknis yang berhubungan dengan DG dapat memberikan beberapa variasi yang signifikan terhadap kapasitas pembangkitan dari DG itu sendiri. Oleh karena itu, perlu diperkenalkan pengkategorian yang tepat untuk mengklasifikasikan DG berdasarkan kapasitas pembangkitan yang dimilikinya. Terdapat empat jenis DG berdasarkan klasifikasi ini, yaitu [5]:

Tabel 2.1 Klasifikasi DG berdasarkan Kapasitas Pembangkitan

Jenis DG	Kapasitas Pembangkitan
<i>Micro</i> DG (DG Mikro)	1 Watt – 5 kW
<i>Small</i> DG (DG Kecil)	5 kW – 5 MW
<i>Medium</i> DG (DG Sedang)	5 MW – 50 MW
<i>Large</i> DG (DG Besar)	50 MW – 300 MW

Teknologi yang digunakan untuk DG tidak memiliki relevansi yang signifikan terhadap tujuan pendefinisian DG. Perkembangan teknologi yang begitu pesat menyebabkan sangat bervariasinya metode pembangkitan yang dimiliki oleh DG itu sendiri [12].

Teknologi DG yang sering digunakan adalah unit *micro-hydro*, panel surya, turbin angin, mesin *diesel*, sel bahan bakar, dan baterai yang terdiri dari sejumlah modul-modul kecil dan dirakit secara tersendiri oleh pabrik. Hal ini dilakukan untuk mempermudah konstruksi dan implementasi pada lokasi DG. Modul-modul kecil tersebut dapat dipasang dengan sangat cepat pada lokasi akhir dimana pembangkit tersebut akan ditempatkan. Produksi dan konstruksi pada lokasi membutuhkan penghematan waktu yang sangat signifikan bila dibandingkan dengan pembangunan pembangkit tenaga listrik besar yang letaknya terpusat pada suatu lokasi tertentu.

Modul-modul DG tersebut dapat cepat beroperasi segera setelah dipasang pada lokasi. Masing-masing modul juga bersifat independen, jadi ketika satu modul mengalami kerusakan, maka modul yang lain dapat tetap bekerja secara normal. Hal inilah yang menyebabkan nilai keandalan unit DG yang lebih baik dibandingkan dengan pembangkit sentral pada umumnya [13].

Berdasarkan teknologi pembangkitan yang digunakan, DG dapat diklasifikasikan sebagai berikut [5]:

Tabel 2.2 Klasifikasi DG berdasarkan Teknologi Pembangkitan

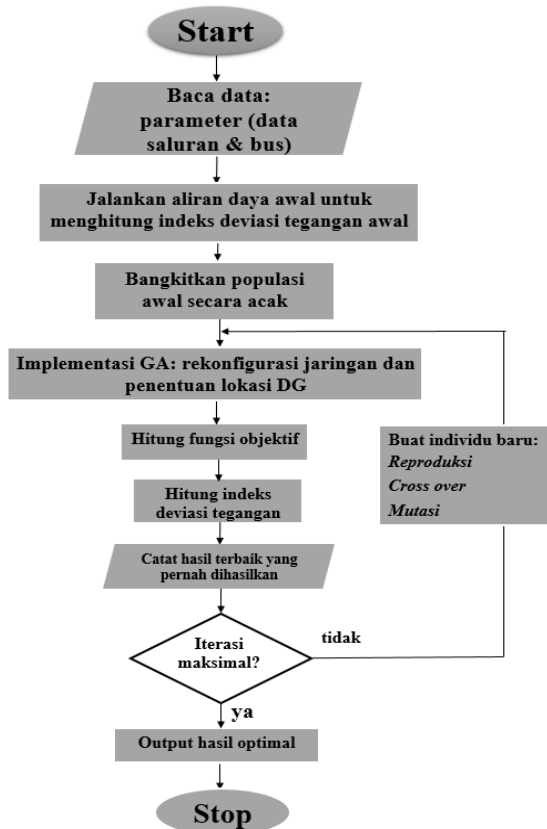
Teknologi DG	Kapasitas per Modul
<i>Fossil Fuel</i>	
<i>Combined Cycle Gas Turbine (CCGT)</i>	35 – 400 MW
<i>Internal combustion engines</i>	5 kW – 10 MW
<i>Combustion turbine</i>	1 – 250 MW
<i>Micro-Turbines</i>	35 kW – 1 MW
<i>Renewable Resources</i>	
<i>Small hydro</i>	1 – 100 MW
<i>Micro hydro</i>	25 kW – 1 MW
<i>Wind turbine</i>	200 Watt – 3 MW
<i>Photovoltaic arrays</i>	20 Watt – 100 kW
<i>Solar thermal, central receiver</i>	1 – 10 MW
<i>Solar thermal, Lutz system</i>	10 – 80 MW
<i>Biomass, e.g. based on gasification</i>	100 kW – 20 MW
<i>Fuel cells, phosacid</i>	200 kW – 2 MW
<i>Fuel cells, molten carbonate</i>	250 kW – 2 MW
<i>Fuel cells, proton exchange</i>	1 kW – 250 kW
<i>Fuel cells, solid oxide</i>	250 kW – 5 MW
<i>Geothermal</i>	5 – 100 MW
<i>Ocean energy</i>	100 kW – 1 MW
<i>Stirling engine</i>	2 – 10 kW
<i>Battery storage</i>	500 kW – 5 MW

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB III

REKONFIGURASI JARINGAN DAN PENENTUAN LOKASI DG MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHM (GA)*

Pada bab ini akan dijelaskan tentang perancangan dari rekonfigurasi serta penentuan lokasi DG menggunakan GA. Tahapan pengerjaan tugas akhir ini akan dijelaskan melalui diagram alir berikut.

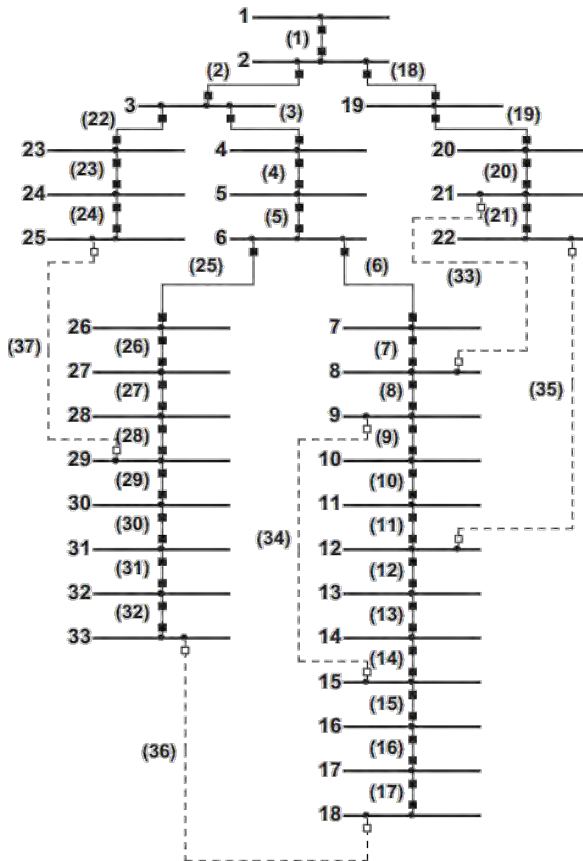


Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir

Dari Diagram alir diatas merupakan diagram alir secara umum untuk semua kasus yakni rekonfigurasi, DG, dan simultan.

3.1 Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus [1]

Berikut ini adalah data dari *single line diagram* atau *plant* yang digunakan dalam Tugas Akhir ini. Data yang digunakan ini adalah data sistem tiga fasa seimbang. Berikut ini merupakan data *plant* IEEE 33 bus, 32 cabang, dan 5 *tie switch*. Data tersebut terdiri dari gambar konfigurasi jaringan, impedansi saluran, serta data beban.



Gambar 3.2 Jaringan Distribusi Radial IEEE 33 Bus [1]

Tabel 3.1 Data Impedansi Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus [14]

Cabang			Impedansi (ohm)	
Impedansi	Dari Bus	Ke Bus	R	X
Z1	1	2	0.0922	0.0470
Z2	2	3	0.4930	0.2511
Z3	3	4	0.3660	0.1864
Z4	4	5	0.3811	0.1941
Z5	5	6	0.8190	0.7070
Z6	6	7	0.1872	0.6188
Z7	7	8	0.7115	0.2351
Z8	8	9	1.0299	0.7400
Z9	9	10	1.0440	0.7400
Z10	10	11	0.1967	0.0650
Z11	11	12	0.3744	0.1238
Z12	12	13	1.4680	1.1550
Z13	13	14	0.5416	0.7129
Z14	14	15	0.5909	0.5260
Z15	15	16	0.7462	0.5450
Z16	16	17	1.2889	1.7210
Z17	17	18	0.7329	0.5739
Z18	2	19	0.1640	0.1565
Z19	19	20	1.5042	1.3554
Z20	20	21	0.4095	0.4784
Z21	21	22	0.7089	0.9373
Z22	3	23	0.4512	0.3083
Z23	23	24	0.8959	0.7091
Z24	24	25	0.8980	0.7011
Z25	6	26	0.2030	0.1034
Z26	26	27	0.2842	0.1447
Z27	27	28	1.0589	0.9337
Z28	28	29	0.8042	0.7006
Z29	29	30	0.5075	0.2585
Z30	30	31	0.9744	0.9630
Z31	31	32	0.3105	0.3619
Z32	32	33	0.3411	0.5302
Z33	8	21	2.0000	2.0000
Z34	9	15	2.0000	2.0000
Z35	12	22	2.0000	2.0000
Z36	18	33	0.5000	0.5000
Z37	25	29	0.5000	0.5000

Tabel 3.2 Data Beban Jaringan Distribusi IEEE 33 Bus [14]

No bus	P(kW)	Q(kVAR)
Bus1	0	0
Bus2	100.0	60.0
Bus3	90.0	40.0
Bus4	120.0	80.0
Bus5	60.0	30.0
Bus6	60.0	20.0
Bus7	200.0	100.0
Bus8	200.0	100.0
Bus9	60.0	20.0
Bus10	60.0	20.0
Bus11	45.0	30.0
Bus12	60.0	35.0
Bus13	60.0	35.0
Bus14	120.0	80.0
Bus15	60.0	10.0
Bus16	60.0	20.0
Bus17	60.0	20.0
Bus18	90.0	40.0
Bus19	90.0	40.0
Bus20	90.0	40.0
Bus21	90.0	40.0
Bus22	90.0	40.0
Bus23	90.0	50.0
Bus24	420.0	200.0
Bus25	420.0	200.0
Bus26	60.0	25.0
Bus27	60.0	25.0
Bus28	60.0	20.0
Bus29	120.0	70.0
Bus30	200.0	600.0
Bus31	150.0	70.0
Bus32	210.0	100.0
Bus33	60.0	40.0

3.2 Aliran Daya

Penggunaan aliran daya untuk mengetahui kondisi deviasi tegangan dari jaringan yang akan di lakukan rekonfigurasi dan penentuan lokasi DG. Setelah diketahui bahwa ada tegangan yang tidak memenuhi standar maka kemudian dilakukan rekonfigurasi dan penentuan lokasi DG. Pada tugas akhir ini tidak membahas mengenai metode dari aliran daya.

3.3 Fungsi Fitness

Fungsi fitness yang digunakan pada tugas akhir ini yakni fungsi *fitness* untuk mengukur kualitas dari setiap populasi. Adapun fungsi *fitness* deviasi tegangan adalah sebagai berikut:

$$\Delta Vd = \max\left(\frac{V_n - V_k}{V_n}\right) \quad \forall k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

Dari persamaan tersebut akan didapatkan indeks deviasi maksimum (terburuk) yang akan diminimalkan menggunakan GA dengan rekonfigurasi jaringan dan penentuan lokasi DG.

3.4 Bangkitkan Generasi Awal

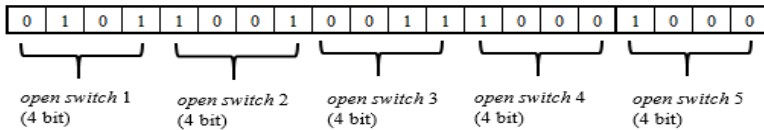
Pada bagian ini akan dibangun nilai yang berupa nilai acak sebanyak solusi dan populasi yang akan diterapkan sebagai solusi. Nilai acak yang berupa nilai 0 hingga satu kemudian di konversi kedalam bilangan biner.

1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

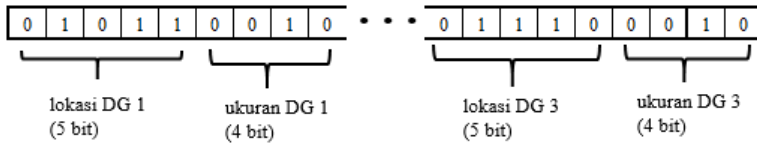
Gambar 3.3 Contoh Bit Generasi Awal

3.5 Pengalamatan Nilai Bit Solusi

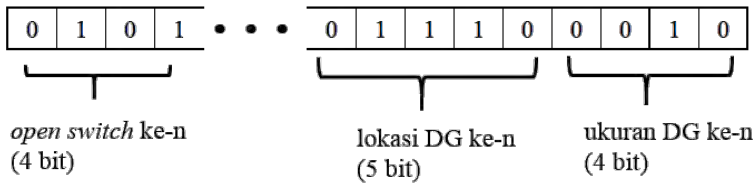
Pengalamatan nilai bit (dekodekan kromosom) yakni memetakan bit-bit kedalam kelompok yang akan menjadi solusi. Untuk rekonfigurasi maka akan di petakan menjadi masing-masing 4 bit untuk setiap pasang tie switch yang ditutup dan line yang dibuka. Untuk setiap DG 9 bit yang mana 5 bit untuk lokasi dan 4 bit untuk ukuran DG.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.4 Pengalamatan Nilai Bit Solusi

- (a) pada Rekonfigurasi Jaringan
- (b) pada Pemasangan DG
- (c) pada penggabungan Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan DG

3.6 Pembuatan *Data Base*

Pembuatan *data base* yang dimaksud yakni kumpulan data untuk menerjemahkan hasil dekodekan kromosom ke menjadi solusi baik itu untuk rekonfigurasi, DG maupun penggabungan keduanya.

3.7 Sesuaikan Hasil Dekodekan Kromosom Dengan *Data Base*

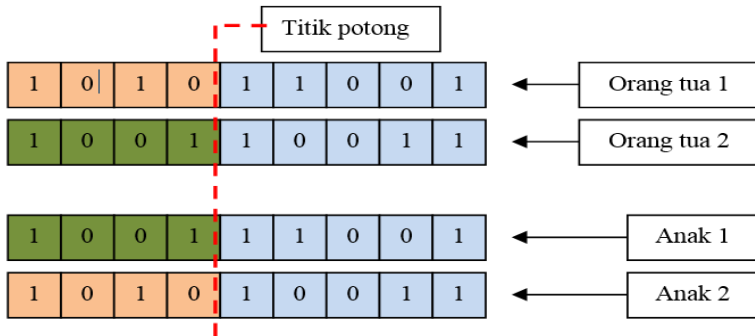
Pada bagian ini hasil dari dekodekan kromosom yang berupa bilangan biner akan di sesuaikan dan diterjemahkan menjadi solusi baik *tie switch* yang dtutup line yang dibuka atau pun lokasi maupun ukuran DG.

3.8 *Load Flow* Pertama

Pada bagian ini untuk mendapatkan nilai fitness awal dari generasi awal. Apabila didapat nilai yang memenuhi syarat tegangan maka akan di simpan. Untuk nilai yang tidak memnuhi persyaratan akan di lakukan *crossover* atau mutasi pada langkah berikutnya.

3.9 *CrossOver*

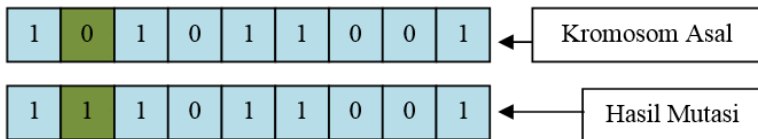
Pada proses ini dari jumlah populasi yang dibangkitkan akan dibagi menjadi beberapa pasang. Yang mana setiap pasang ini disebut orang tua. Beberapa kromosom dari setiap orang tua akan ditukar dengan beberapa kromosom orang tua yang lain. Hasil pertukaran kromosom ini akan menghasilkan susunan kromosom baru. Kromosom baru ini membentuk susunan solusi baru. Terjadinya *CrossOver* bergantung dari nilai acak yang dibangkitkan Algoritma Genetika dan parameter *crossover* itu sendiri.



Gambar 3.5 *Cross Over*

3.10 *Mutasi*

Berbeda dengan *crossover*, mutasi yakni mengganti beberapa kromosom dengan kromosom baru hasil pembangkitan Algoritma Genetika. Hasil penggantian kromosom ini akan menghasilkan susunan kromosom baru.



Gambar 3.6 *Mutasi*

3.11 *Load Flow Ulang*

Pada bagian ini hasil *crossover* atau mutasi akan di konversi kembali menjadi solusi yang akan diterapkan ke *linedata* atau *busdata* dan kemudian di *load flow* ulang untuk mendapatkan nilai *fitness* baru.

3.12 Rekam Nilai Solusi dan Fitness

Pada bagian ini akan di rekam solusi maupun *fitness* baik itu hasil dari solusi awal ataupun hasil *cross over* atau mutasi. *Fitness* hasil populasi awal akan dibandingkan dengan hasil *cross over* atau mutasi yang kemudian solusi yang menghasilkan *fitness* terkecil akan disimpan untuk dibandingkan dengan generasi selanjutnya.

3.13 Menggambar Kurva *Fitness*

Ploting (menggambar) kurva *fitness* yakni menggambar nilai *fitness* terbaik dari setiap generasi atau iterasi. Jika *fitness* generasi sebelumnya lebih kecil dari generasi baru maka *fitness* yang akan digambar adalah *fitness* sebelumnya. Begitu juga kebalikannya jika *fitness* generasi baru lebih kecil dari generasi sebelumnya maka yang akan digambar adalah *fitness* dari generasi baru.

3.14 Cetak hasil Optimasi

Jika telah didapatkan *fitness* dari semua generasi maka akan dicetak hasil solusi yang menghasilkan nilai *fitness* terkecil yang di ambil dari fungsi rekam nilai *fitness* yang sebelumnya.

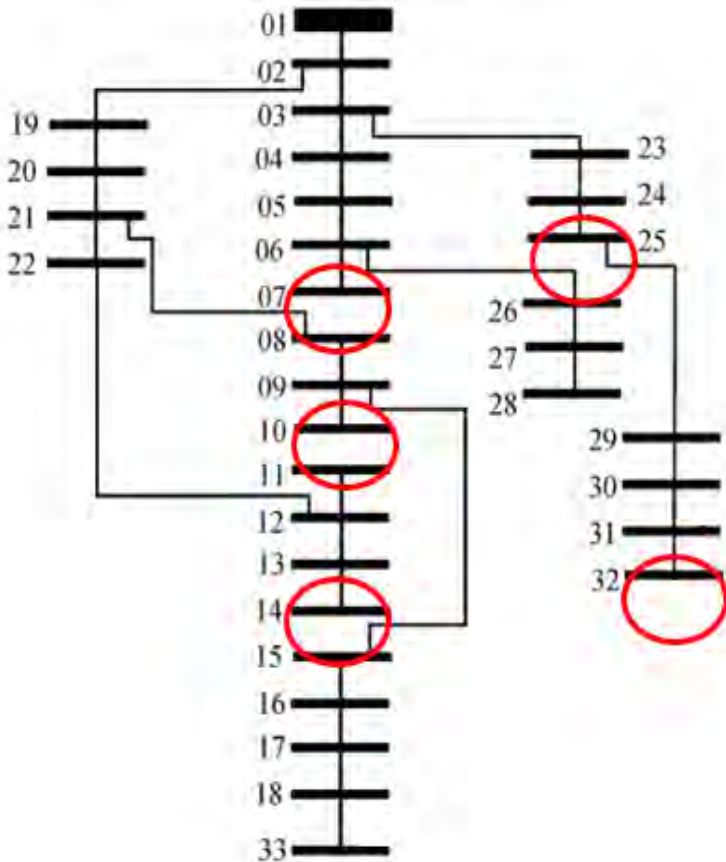
3.15 Implementasi Rekonfigurasi Jaringan Menggunakan GA

Rekonfigurasi jaringan distribusi adalah dengan mengubah topologi jaringan yang baru sehingga didapatkan topologi jaringan yang dapat mengurangi deviasi tegangan pada jaringan tersebut. Rekonfigurasi jaringan hanya dapat dilakukan pada jaringan sudah memiliki *tie switch*. Rekonfigurasi jaringan dilakukan dengan cara menutup satu atau lebih *tie switch* dan membuka 1 atau lebih line jaringan. Jumlah *tie switch* yang ditutup harus sama dengan jumlah line yang dibuka. Hal ini dilakukan untuk menjaga jaringan tersebut tetap radial dan semua bus tetap mendapatkan tegangan.

Adapun implementasi rekonfigurasi jaringan dalam Algoritma genetika pada tugas akhir ini yakni dengan membuat *data base* dari semua kemungkinan *tie switch* yang ditutup dengan *line* yang dibuka. Yang mana sudah dibahas pada subbab sebelumnya bahwa terdapat 20 bit yang dikelompokkan menjadi masing masing 4 bit. Yang mana apabila setiap nilai bit yang dikeluarkan dari hasil random akan dibaca atau dikonversi sebagai *tie switch* atau *line* yang harus dibuka.

Dari hasil konversi tersebut kemudian di terapkan kedalam *linedata*. Namun dalam merekonfigurasi jaringan juga terjadi perubahan

aliran arus, dan urutan bus. Sehingga perlu dilakukan penataan ulang urutan bus dan urutan aliran arus. Karena apabila tidak dilakukan hal tersebut maka akan terjadi hasil yang tidak akurat.

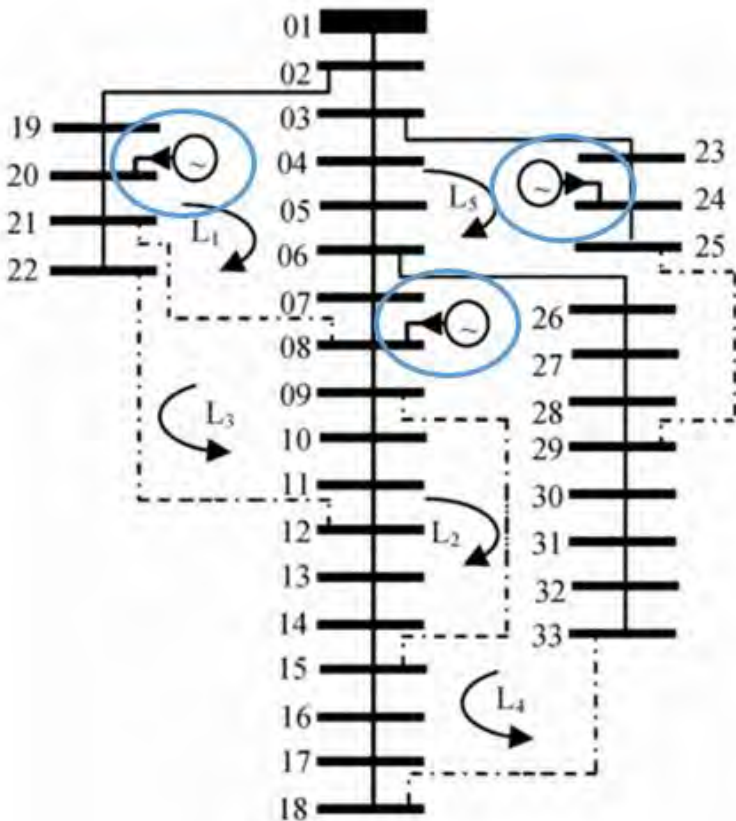


Gambar 3.7 Contoh topologi jaringan mengalami rekonfigurasi [15]

Maka dari setiap hasil 20 bit (populasi) setiap generasi akan didapat satu nilai fitness. Dalam tugas akhir ini menggunakan 20 populasi maka didapat 20 nilai fitness yang berbeda-beda kemudian diseleksi dan dipilih yang terkecil untuk dijadikan nilai fitness dari generasi tersebut.

3.16 Implementasi Lokasi dan Ukuran DG Menggunakan GA

Implementasi lokasi dan ukuran DG menggunakan teknik yang sama seperti rekonfigurasi jaringan yakni menggunakan *data base*. Namun jumlah bit yang digunakan yakni 27 bit untuk 3 DG. Yang mana 27 bit dibagi kedalam 3 kelompok yang masing masing 9 bit, dari setiap kelompok 5 bit pertama untuk lokasi dan 4 bit selanjutnya untuk ukuran DG. Dari 5 bit pertama dari setiap kelompok akan di konversi menjadi lokasi DG. Teknik konversi yang digunakan yakni dengan menyesuaikan hasil biner yang di dapat dengan *database* lokasi maupun ukuran DG yang kemudian diterapkan kedalam *busdata* pada fungsi *loadflow*.

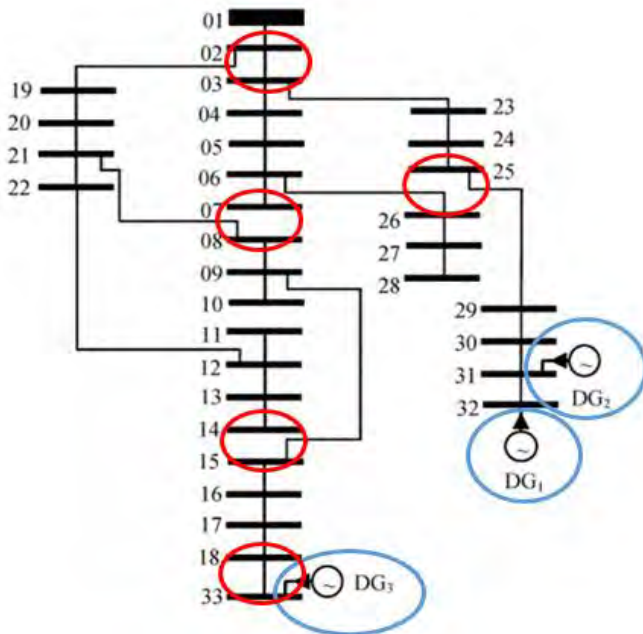


Gambar 3.8 Topologi Jaringan Dengan Pemasangan DG [15]

3.17 Implementasi Rekonfigurasi Jaringan dan Lokasi serta Ukuran DG Menggunakan GA

Seperti halnya rekonfigurasi dan penempatan DG pada bagian ini rekonfigurasi dan penentuan lokasi DG digabungkan. Adapun penggabungannya dilakukan dengan secara simultan.

Yang dimaksud dengan secara simultan yakni mencari topologi jaringan dan menentukan lokasi dan ukuran DG yang paling optimal secara bersamaan yakni dengan merubah jumlah bit yang akan di bangkitkan oleh algoritma genetika. Yang mana jumlah bit yang dibangkitkan untuk 3 DG dan 5 *tie switch* yakni 47 bit dimana 1 DG membutuhkan 9 bit yang mana 5 bit untuk lokasi dan 4 bit untuk kapasitas, sedangkan setiap *tie switch* membutuhkan 4 bit. Dari setiap hasil nilai yang dibangkitkan Algoritma genetika akan di konversi setiap kelompoknya menjadi lokasi, ukuran maupun *tie switch* setiap DG yang kemudian di implementasikan ke data jaringan baik topologi jaringan maupun data beban dan DG.



Gambar 3.9 Contoh topologi Jaringan dengan Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan DG [15]

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB IV

SIMULASI DAN ANALISA DATA

Pada bab ini dibahas mengenai hasil simulasi sistem tes IEEE 33 bus sebelum dan sesudah dilakukan optimasi dengan GA. Hasil aliran daya yang dilakukan dengan menjalankan program MATLAB akan divalidasi dengan hasil aliran daya pada ETAP. Terdapat 4 kasus yang akan dibahas yaitu:

- 1) Kasus 1 – *Base Case*
- 2) Kasus 2 – Rekonfigurasi Jaringan
- 3) Kasus 3 – Pemasangan DG
- 4) Kasus 4 – Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan DG

4.1. Kasus 1 – *Base Case*

Merupakan Sistem IEEE 33 Bus yang belum dilakukan optimasi. Data masukkan pada sistem telah terdapat pada bab 3. Sistem ini akan di optimasi dengan berbagai macam skenario dengan menggunakan *Genetic Algorithm*. Skenarionya adalah rekonfigurasi jaringan, pemasangan DG, dan penggabungan secara bersamaan rekonfigurasi jaringan dan pemasangan DG.

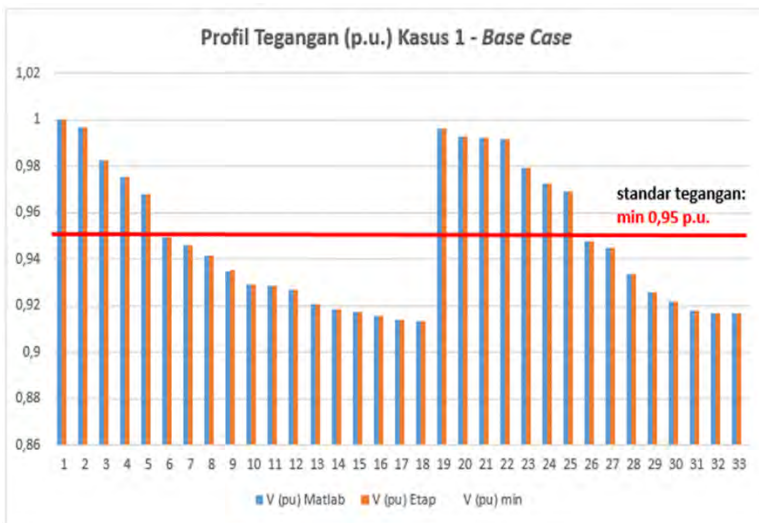
Hasil dari aliran daya awal ditunjukkan dalam tabel 4.1 dan nilai indeks deviasi tegangan awal ditunjukkan oleh tabel 4.2. Total daya aktif dan reaktif dari sistem IEEE 33 bus adalah 3,72 MW dan 2,3 Mvar dengan tegangan nominal sebesar 12,66 kV.

Tabel 4.1 Hasil Aliran Daya awal dalam pu

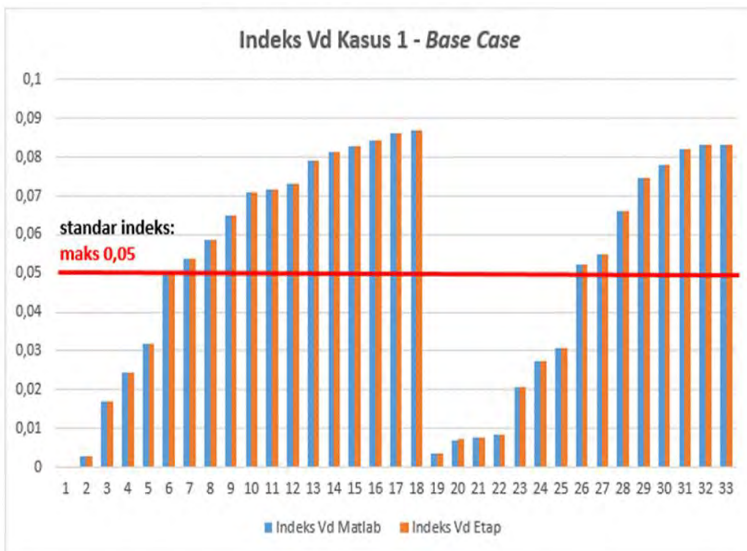
Bus	V (pu)			error
	Matlab	Etap	min	
1	1	1	0,95	0,00%
2	0,99703	0,99700	0,95	0,00%
3	0,98294	0,98294	0,95	0,00%
4	0,97546	0,97543	0,95	0,00%
5	0,96806	0,96809	0,95	0,00%
6	0,94966	0,94968	0,95	0,00%
7	0,94617	0,94621	0,95	0,00%
8	0,94131	0,94131	0,95	0,00%
9	0,93504	0,93507	0,95	0,00%
10	0,92923	0,92923	0,95	0,00%
11	0,92837	0,92836	0,95	0,00%
12	0,92687	0,92686	0,95	0,00%
13	0,92075	0,92077	0,95	0,00%
14	0,91849	0,91848	0,95	0,00%
15	0,91707	0,91706	0,95	0,00%
16	0,91571	0,91572	0,95	0,00%
17	0,91368	0,91367	0,95	0,00%
18	0,91307	0,91311	0,95	0,00%
19	0,99650	0,99652	0,95	0,00%
20	0,99293	0,99289	0,95	0,00%
21	0,99222	0,99226	0,95	0,00%
22	0,99158	0,99155	0,95	0,00%
23	0,97935	0,97938	0,95	0,00%
24	0,97268	0,97267	0,95	0,00%
25	0,96936	0,96935	0,95	0,00%
26	0,94773	0,94771	0,95	0,00%
27	0,94517	0,94518	0,95	0,00%
28	0,93373	0,93373	0,95	0,00%
29	0,92551	0,92551	0,95	0,00%
30	0,92195	0,92196	0,95	0,00%
31	0,91779	0,91777	0,95	0,00%
32	0,91687	0,91690	0,95	0,00%
33	0,91659	0,91659	0,95	0,00%

Tabel 4.2 Hasil Indeks Vd awal Tanpa Optimasi

Bus	Indeks Vd			error
	Matlab	Etap	max	
1	0	0	0,05	0,00%
2	0,00297	0,00300	0,05	0,00%
3	0,01706	0,01706	0,05	0,00%
4	0,02454	0,02457	0,05	0,00%
5	0,03194	0,03191	0,05	0,00%
6	0,05034	0,05032	0,05	0,00%
7	0,05383	0,05379	0,05	0,00%
8	0,05869	0,05869	0,05	0,00%
9	0,06496	0,06493	0,05	0,00%
10	0,07077	0,07077	0,05	0,00%
11	0,07163	0,07164	0,05	0,00%
12	0,07313	0,07314	0,05	0,00%
13	0,07925	0,07923	0,05	0,00%
14	0,08151	0,08152	0,05	0,00%
15	0,08293	0,08294	0,05	0,00%
16	0,08429	0,08428	0,05	0,00%
17	0,08632	0,08633	0,05	0,00%
18	0,08693	0,08689	0,05	0,00%
19	0,00350	0,00348	0,05	0,00%
20	0,00707	0,00711	0,05	0,00%
21	0,00778	0,00774	0,05	0,00%
22	0,00842	0,00845	0,05	0,00%
23	0,02065	0,02062	0,05	0,00%
24	0,02732	0,02733	0,05	0,00%
25	0,03064	0,03065	0,05	0,00%
26	0,05227	0,05229	0,05	0,00%
27	0,05483	0,05482	0,05	0,00%
28	0,06627	0,06627	0,05	0,00%
29	0,07449	0,07449	0,05	0,00%
30	0,07805	0,07804	0,05	0,00%
31	0,08221	0,08223	0,05	0,00%
32	0,08313	0,08310	0,05	0,00%
33	0,08341	0,08341	0,05	0,00%



Gambar 4.1 Profil tegangan (p.u.) kasus 1



Gambar 4.2 Indeks Vd kasus 1

Tabel 4.3 Indeks Vd terburuk Tanpa Optimasi

Kondisi	Nilai
Indeks Vd terburuk	0,0869 pada bus 18
Tegangan terburuk (pu)	0,9131 pada bus 18
Maksimum <i>error</i>	0,00%

Pada kasus 1, masih terdapat banyak bus yang melewati standar, bus dalam kondisi *undervoltage*. Bus dengan kolom berwarna merah merupakan bus yang melewati nilai standar. Untuk batas bawah, nilainya minimal 0,95 p.u. atau 0,05 (indeks). Bus yang melewati sebanyak 21 bus yaitu bus 6 s/d 18 dan 26 s/d 33. Dengan kondisi tegangan terburuk terjadi pada bus 18 dengan nilai indeks Vd 0,0869 atau 0,9131 pu.

4.2 Kasus 2 – Rekonfigurasi Jaringan

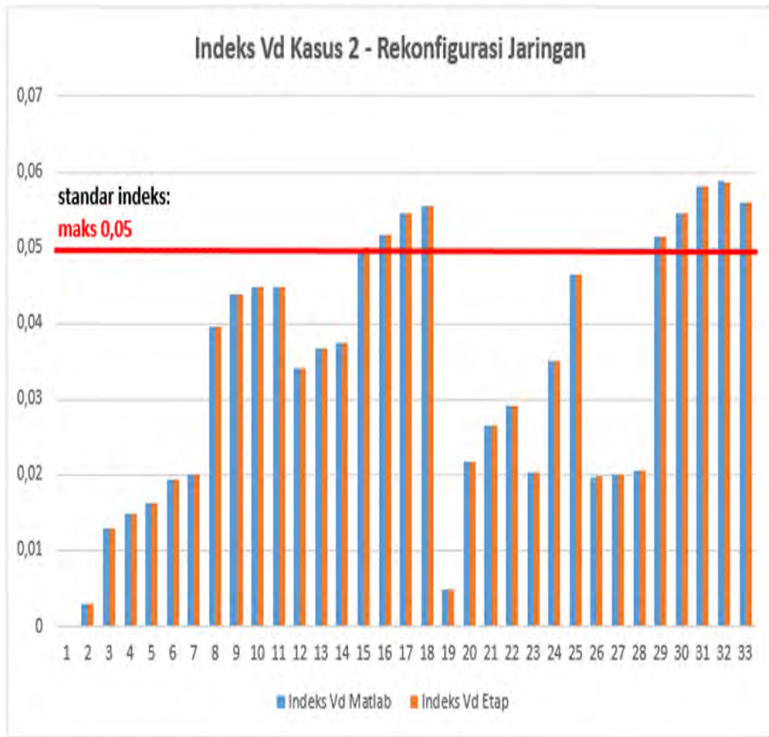
Pada Kasus 2, sistem di optimasi menggunakan Rekonfigurasi Jaringan. Akan dicari lima posisi *tie switch* yang terbuka dengan menggunakan GA. Hasil *tie switch* yang terbuka ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Lima lokasi *tie switch* terbuka kasus 2

No	Lokasi <i>tie switch</i> terbuka
1	Bus 7 ke 8
2	Bus 11 ke 12
3	Bus 14 ke 15
4	Bus 28 ke 29
5	Bus 32 ke 33

Tabel 4.5 Indeks Vd kasus 2 – Rekonfigurasi Jaringan

Bus	Indeks Vd			error
	Matlab	Etap	max	
1	0	0	0,05	0,00%
2	0,00292	0,00292	0,05	0,00%
3	0,01302	0,01303	0,05	0,00%
4	0,01481	0,01485	0,05	0,00%
5	0,01630	0,01627	0,05	0,00%
6	0,01945	0,01943	0,05	0,00%
7	0,02008	0,02006	0,05	0,00%
8	0,03949	0,03949	0,05	0,00%
9	0,04382	0,04384	0,05	0,00%
10	0,04477	0,04479	0,05	0,00%
11	0,04484	0,04487	0,05	0,00%
12	0,03414	0,03412	0,05	0,00%
13	0,03671	0,03673	0,05	0,00%
14	0,03750	0,03752	0,05	0,00%
15	0,04989	0,04992	0,05	0,00%
16	0,05165	0,05166	0,05	0,00%
17	0,05457	0,05458	0,05	0,00%
18	0,05561	0,05561	0,05	0,00%
19	0,00493	0,00490	0,05	0,00%
20	0,02179	0,02180	0,05	0,00%
21	0,02642	0,02646	0,05	0,00%
22	0,02909	0,02907	0,05	0,00%
23	0,02038	0,02038	0,05	0,00%
24	0,03511	0,03507	0,05	0,00%
25	0,04641	0,04645	0,05	0,00%
26	0,01973	0,01975	0,05	0,00%
27	0,01998	0,01998	0,05	0,00%
28	0,02051	0,02054	0,05	0,00%
29	0,05144	0,05142	0,05	0,00%
30	0,05463	0,05466	0,05	0,00%
31	0,05804	0,05806	0,05	0,00%
32	0,05871	0,05869	0,05	0,00%
33	0,05593	0,05592	0,05	0,00%



Gambar 4.3 Indeks Vd kasus 2

Pada kasus 2, sistem dioptimasi dengan melakukan rekonfigurasi jaringan. Indeks deviasi tegangan terburuk mengalami pengurangan dari 0,0869 menjadi 0,0587. Bus dengan kolom berwarna merah merupakan bus yang melewati nilai standar. Pada kasus 2, bus yang melewati standar mengalami penurunan dari 21 bus pada kasus 1 menjadi 8 bus. Bus yang melewati standar yaitu bus 16 s/d 18 dan 29 s/d 33. Dengan kondisi tegangan terburuk terjadi pada bus 32 dengan nilai indeks Vd sebesar 0,0587 atau 0,9413 pu.

Tabel 4.6 Indeks Vd terburuk Kasus 2

Kondisi	Nilai
Vd terburuk (indeks)	0,0587 pada bus 32
Tegangan terburuk (pu)	0,9413 pada bus 32
Maksimum <i>error</i>	0,00 %

4.3 Kasus 3 – Pemasangan DG

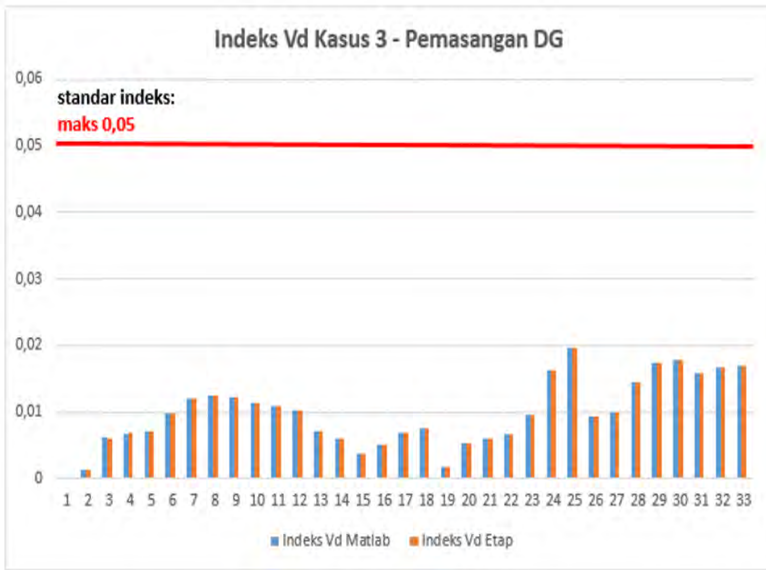
Pada Kasus 3, sistem di optimasi menggunakan Pemasangan DG. Akan dicari tiga lokasi dan ukuran DG yang akan dipasangkan pada jaringan menggunakan GA. Hasil tiga lokasi dan ukuran DG ditunjukkan pada tabel 4.7. Dari ukuran DG diketahui bahwa hampir semua DG hampir memenuhi nilai maksimum kapasitasnya. Kapasitas DG yang digunakan adalah 1 MW.

Tabel 4.7 Lokasi dan Ukuran DG pada Kasus 3

No	Lokasi DG	Ukuran DG
DG 1	Bus 15	0,95 MW
DG 2	Bus 26	0,95 MW
DG 3	Bus 31	0,94 MW

Tabel 4.8 Indeks Vd kasus 3 – Pemasangan DG

Bus	Indeks Vd			error
	Matlab	Etap	max	
1	0	0	0,05	0,00%
2	0,00125	0,00126	0,05	0,00%
3	0,00611	0,00608	0,05	0,00%
4	0,00675	0,00679	0,05	0,00%
5	0,00702	0,00703	0,05	0,00%
6	0,00988	0,00987	0,05	0,00%
7	0,01206	0,01209	0,05	0,00%
8	0,01239	0,01240	0,05	0,00%
9	0,01214	0,01216	0,05	0,00%
10	0,01137	0,01137	0,05	0,00%
11	0,01100	0,01098	0,05	0,00%
12	0,01017	0,01019	0,05	0,00%
13	0,00712	0,00711	0,05	0,00%
14	0,00600	0,00600	0,05	0,00%
15	0,00378	0,00379	0,05	0,00%
16	0,00504	0,00506	0,05	0,00%
17	0,00690	0,00687	0,05	0,00%
18	0,00746	0,00750	0,05	0,00%
19	0,00177	0,00174	0,05	0,00%
20	0,00535	0,00537	0,05	0,00%
21	0,00605	0,00608	0,05	0,00%
22	0,00668	0,00671	0,05	0,00%
23	0,00966	0,00964	0,05	0,00%
24	0,01626	0,01627	0,05	0,00%
25	0,01954	0,01951	0,05	0,00%
26	0,00929	0,00932	0,05	0,00%
27	0,01003	0,01003	0,05	0,00%
28	0,01453	0,01453	0,05	0,00%
29	0,01748	0,01746	0,05	0,00%
30	0,01780	0,01777	0,05	0,00%
31	0,01588	0,01588	0,05	0,00%
32	0,01674	0,01675	0,05	0,00%
33	0,01700	0,01698	0,05	0,00%



Gambar 4.4 Indeks Vd kasus 3

Pada kasus 3, sistem dioptimasi dengan melakukan pemasangan DG. Indeks deviasi tegangan terburuk mengalami pengurangan signifikan menjadi 0,0195 atau 0,98 pu yang terjadi pada bus 25. Pada kasus 3, semua bus telah memenuhi standar.

Tabel 4.9 Indeks Vd terburuk Kasus 3

Kondisi	Nilai
Vd terburuk (indeks)	0,0195 pada bus 25
Tegangan terburuk (pu)	0,98 pada bus 25
Maksimum <i>error</i>	0,00%

4.4 Kasus 4 – Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan DG

Pada Kasus 4, sistem di optimasi menggunakan Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan DG secara bersamaan. Akan dicari lima posisi *tie switch* yang terbuka dan tiga lokasi serta ukuran DG yang akan dipasangkan pada jaringan menggunakan GA. Hasil lima *tie switch* yang terbuka, tiga lokasi, dan ukuran DG ditunjukkan pada tabel 4.10 dan 4.11.

Tabel 4.10 Lima lokasi *tie switch* terbuka kasus 4

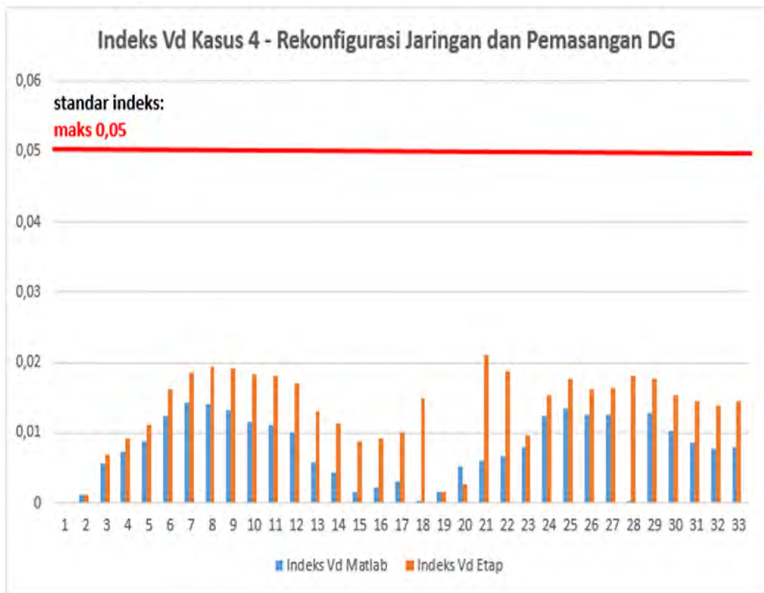
No	Lokasi <i>switch</i> terbuka
1	Bus 20 ke 21
2	Bus 21 ke 22
3	Bus 9 ke 15
4	Bus 17 ke 18
5	Bus 27 ke 28

Tabel 4.11 Lokasi dan Ukuran DG pada Kasus 4

No	Lokasi DG	Ukuran DG
DG 1	Bus 30	0,93 MW
DG 2	Bus 15	0,95 MW
DG 3	Bus 32	0,93 MW

Tabel 4.12 Indeks Vd kasus 4 – Rekonfigurasi dan Pemasangan DG

Bus	Indeks Vd			error
	Matlab	Etap	max	
1	0	0	0,05	0,00%
2	0,00116	0,00126	0,05	0,01%
3	0,00558	0,00695	0,05	0,14%
4	0,00731	0,00916	0,05	0,19%
5	0,00871	0,01114	0,05	0,24%
6	0,01235	0,01611	0,05	0,38%
7	0,01428	0,01856	0,05	0,43%
8	0,01415	0,01935	0,05	0,52%
9	0,01314	0,01912	0,05	0,60%
10	0,01160	0,01833	0,05	0,67%
11	0,01111	0,01801	0,05	0,69%
12	0,01004	0,01714	0,05	0,71%
13	0,00588	0,01295	0,05	0,71%
14	0,00428	0,01137	0,05	0,71%
15	0,00160	0,00869	0,05	0,71%
16	0,00230	0,00932	0,05	0,70%
17	0,00300	0,01003	0,05	0,70%
18	0,00040	0,01485	0,05	1,44%
19	0,00169	0,00150	0,05	-0,02%
20	0,00526	0,00269	0,05	-0,26%
21	0,00596	0,02101	0,05	1,50%
22	0,00660	0,01880	0,05	1,22%
23	0,00784	0,00972	0,05	0,19%
24	0,01237	0,01540	0,05	0,30%
25	0,01349	0,01761	0,05	0,41%
26	0,01253	0,01627	0,05	0,37%
27	0,01266	0,01643	0,05	0,38%
28	0,00039	0,01809	0,05	1,77%
29	0,01287	0,01769	0,05	0,48%
30	0,01031	0,01540	0,05	0,51%
31	0,00859	0,01453	0,05	0,59%
32	0,00767	0,01382	0,05	0,62%
33	0,00793	0,01445	0,05	0,65%



Gambar 4.5 Indeks Vd kasus 4

Pada kasus 4, sistem dioptimasi dengan melakukan secara bersamaan (simultan) rekonfigurasi jaringan dan pemasangan DG. Indeks deviasi tegangan terburuk mengalami pengurangan menjadi 0,0142 atau 0,986 pu yang terjadi pada bus 7. Pada kasus 4, semua bus telah memenuhi standar.

Tabel 4.13 Indeks Vd terburuk Kasus 4

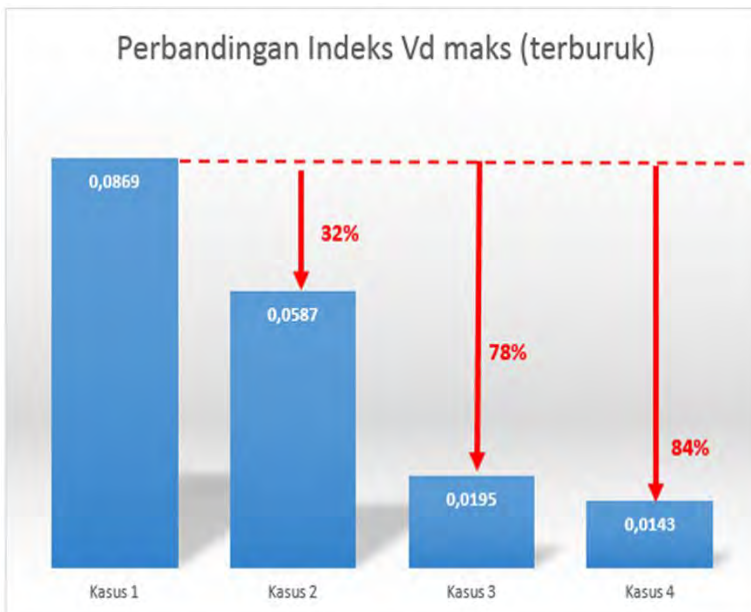
Kondisi	Nilai
Vd terburuk (indeks)	0,0142 pada bus 7
Tegangan terburuk (pu)	0,986 pada bus 7
Maksimum <i>error</i>	1,77%

4.5 Perbandingan indeks Vd

Perbandingan akan dibagi menjadi dua, perbandingan indeks Vd maksimum antar kasus, dan perbandingan indeks Vd semua bus antar kasus untuk dapat melihat perbedaannya.

Tabel 4.14 Perbandingan Indeks Vd maksimum (terburuk)

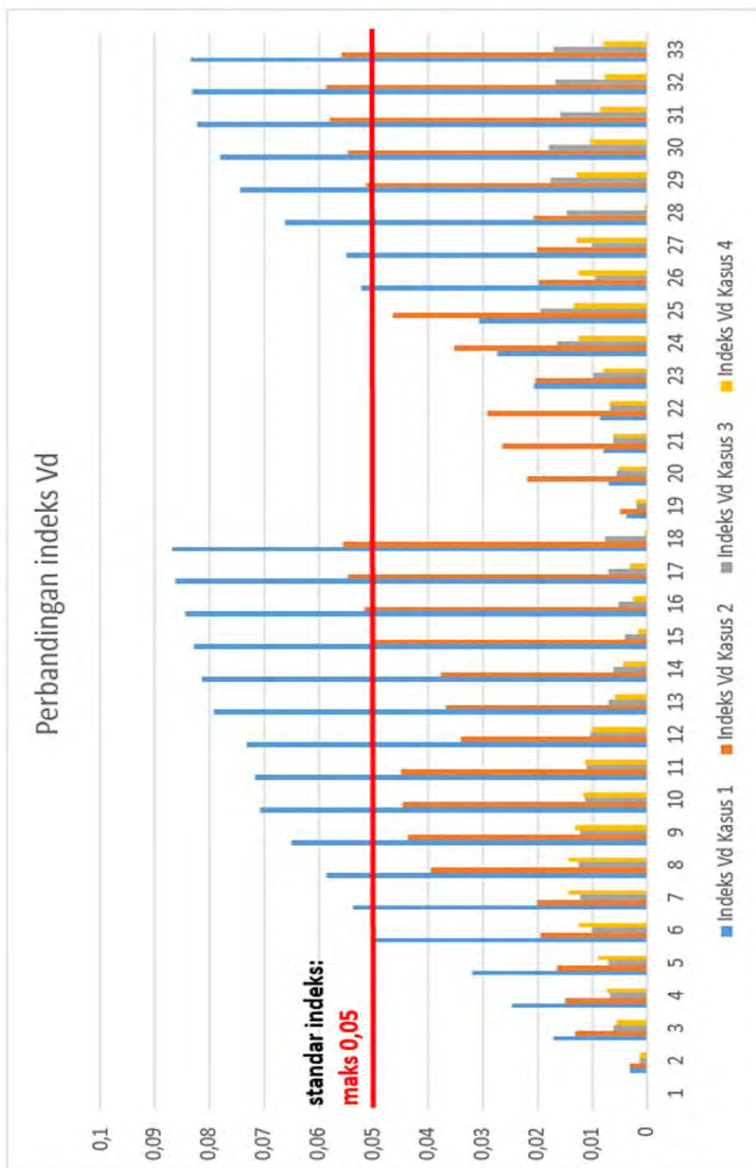
Kasus	Indeks Vd maks (terburuk)	Persentase penurunan
Kasus 1	0,0869	0%
Kasus 2	0,0587	32%
Kasus 3	0,0195	78%
Kasus 4	0,0143	84%



Gambar 4.6 Perbandingan Indeks Vd maksimum (terburuk)

Tabel 4.15 Perbandingan Indeks Vd antar kasus

Bus	Indeks Vd			
	Kasus 1	Kasus 2	Kasus 3	Kasus 4
1	0	0	0	0
2	0,0030	0,0029	0,0012	0,0012
3	0,0171	0,0130	0,0061	0,0056
4	0,0245	0,0148	0,0068	0,0073
5	0,0319	0,0163	0,0070	0,0087
6	0,0503	0,0194	0,0099	0,0123
7	0,0538	0,0201	0,0121	0,0143
8	0,0587	0,0395	0,0124	0,0141
9	0,0650	0,0438	0,0121	0,0131
10	0,0708	0,0448	0,0114	0,0116
11	0,0716	0,0448	0,0110	0,0111
12	0,0731	0,0341	0,0102	0,0100
13	0,0792	0,0367	0,0071	0,0059
14	0,0815	0,0375	0,0060	0,0043
15	0,0829	0,0499	0,0038	0,0016
16	0,0843	0,0517	0,0050	0,0023
17	0,0863	0,0546	0,0069	0,0030
18	0,0869	0,0556	0,0075	0,0004
19	0,0035	0,0049	0,0018	0,0017
20	0,0071	0,0218	0,0053	0,0053
21	0,0078	0,0264	0,0061	0,0060
22	0,0084	0,0291	0,0067	0,0066
23	0,0206	0,0204	0,0097	0,0078
24	0,0273	0,0351	0,0163	0,0124
25	0,0306	0,0464	0,0195	0,0135
26	0,0523	0,0197	0,0093	0,0125
27	0,0548	0,0200	0,0100	0,0127
28	0,0663	0,0205	0,0145	0,0004
29	0,0745	0,0514	0,0175	0,0129
30	0,0781	0,0546	0,0178	0,0103
31	0,0822	0,0580	0,0159	0,0086
32	0,0831	0,0587	0,0167	0,0077
33	0,0834	0,0559	0,0170	0,0079



Gambar 4.7 Perbandingan Indeks Vd antar kasus

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari analisis hasil simulasi serta pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Aliran daya awal (kasus 1) memiliki deviasi tegangan diluar batas nominal, sebanyak 21 bus diluar batas nominal.
2. Rekonfigurasi Jaringan dengan GA (kasus 2) pada sistem dapat memperbaiki deviasi tegangan sehingga sistem menjadi optimal, meskipun masih terdapat beberapa bus yang melewati standar, masih terdapat 8 bus yang melewati standar. Terjadi penurunan indeks Vd maksimum sebesar 32 % dibandingkan kasus awal.
3. Pemasangan DG dengan GA (kasus 3) pada sistem dapat memperbaiki deviasi tegangan sehingga sistem menjadi optimal. Pada kasus 3 semua bus telah memenuhi standar yang ditetapkan. Terjadi penurunan indeks Vd maksimum sebesar 78 % dibandingkan kasus awal.
4. Rekonfigurasi Jaringan dan Penentuan Lokasi DG dengan GA (kasus 4) pada sistem dapat memperbaiki deviasi tegangan sehingga sistem menjadi paling optimal dimana nilai deviasi tegangan didapatkan paling minimal dibanding kasus-kasus yang lain. Terjadi penurunan indeks Vd maksimum sebesar 84 % dibandingkan kasus awal.

5.2 Saran

1. Pembangkit tersebar (DG) merupakan teknologi pembangkitan tenaga listrik yang menjanjikan banyak keuntungan. Oleh karena itu diharapkan akan dilaksanakan penelitian lebih lanjut mengenai keuntungan-keuntungan lain yang dapat diperoleh dari injeksi unit DG pada sistem tenaga listrik, seperti *voltage profile improvement*, *power flow reduction*, dan lain-lain.
2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal sesuai dengan kondisi nyata lapangan, hendaknya sistem tidak dianggap seimbang, sehingga proses analisa aliran daya harus dilakukan untuk setiap fasa.

3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sistem koordinasi, sinkronisasi, dan kontrol antara pembangkit tersebar (DG) yang diinjeksikan ke dalam sistem.
4. Berkaitan dengan permasalahan energi dan lingkungan, maka perlu diadakan penelitian mengenai optimisasi penggunaan DG, terutama yang memakai sumber energi terbarukan, seperti *wind power*, *micro hydro*, *fuel cell*, PV, dan lain-lain.

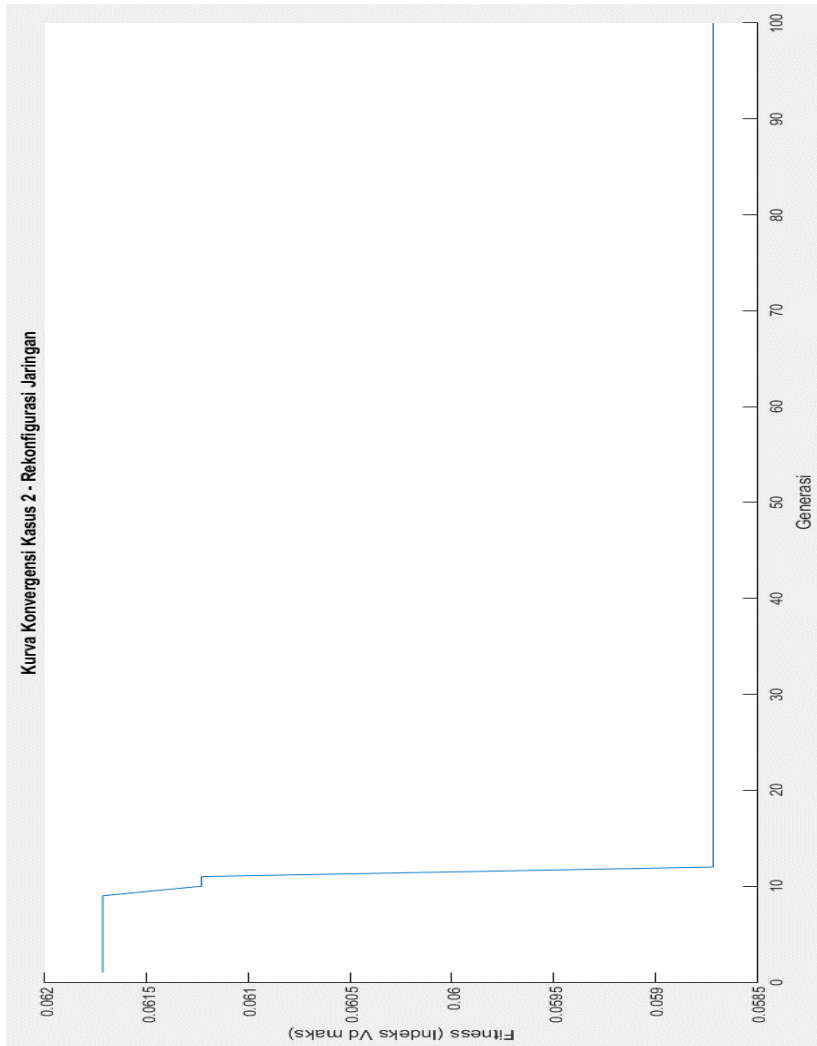
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Imran, A. Mohamed., Kowsalya, M. dan Kothari, D.P., “*A novel integration technique for optimal network reconfiguration and distributed generation placement in power distribution networks*”, ELSIVIER Electrical Power and Energy Systems 63 461–472, July, 2014.
- [2] Kalambe S, Agnihorti G., “*Loss minimization techniques used in distribution network: bibliographical survey*”, Renew Sustain Energy Rev 29:184-200, 2014.
- [3] Short, T.A., “*ELECTRIC POWER DISTRIBUTION HANDBOOK*”, CRC Press, 2004.
- [4] Dasan, S.G. Bharathi and Ramalakshmi, S.Selvi, “*Optimal Siting and Sizing of Hybrid Distributed Genertion Using EP*”, Third International Conference on Power System, Kharagpur, India, 2009.
- [5] Ackermann, Thomas., Andersson, Goran., and Soder, Lennart., “*Distributed Generation: a definition*”, ELSEVIER Electrical Power Sistem Research 57 (2001) 195-204, Desember 2000.
- [6] Electric Power Research Institute web-page (November 2011): <http://www.epri.com/gg/newgen/disgen/index.html>.
- [7] Gas Research Institute, “*Distributed Power Generation: A Strategy for a Competitive Energy Industry*”, Gas Research Institute, Chicago, USA 1998.
- [8] D. Sharma, R. Bartels, “*Distributed electricity generation in competitive energy markets: a case study in Australia, in: The Energy Journal Special issue: Distributed Resources: Toward a New Paradigm of the Electricity Business, The International Association for Energy Economics*”, Cleveland, Ohio, USA, 1998, pp. 17–40.
- [9] J. Cardell, R. Tabors, “*Operation and control in a competitive market: distributed generation in a restructured industry, in: The Energy Journal Special Issue: Distributed Resources: Toward a New Paradigm of the Electricity Business, The International Association for Energy Economics*”, Cleveland, Ohio, USA, 1998, pp. 111–135.
- [10] CIGRE, “*Impact of increasing contribution of dispersed generation on the power system*”; CIGRE Study Committee no 37, Final Report, September 1998.

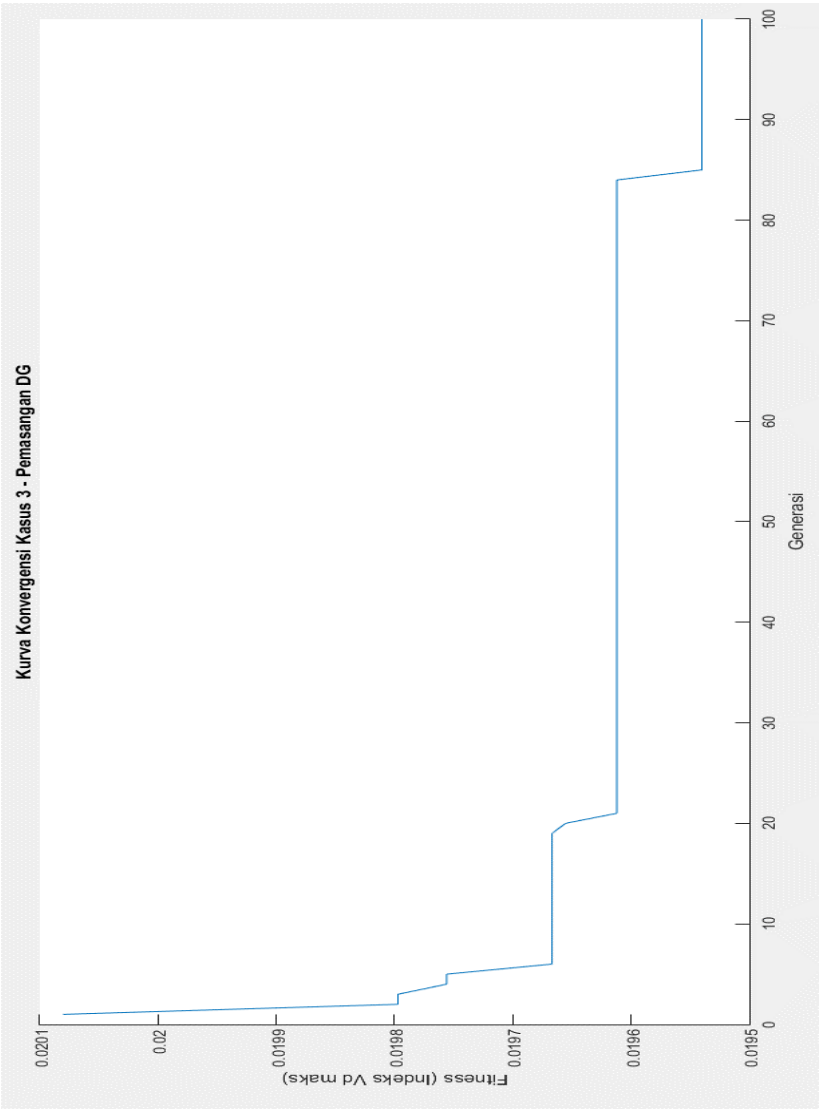
- [11] T. Klopfer, P. Kreuzberg, W. Schulz, F. Starrmann, O. Werner, *“Das Pool-System in der Elektrizitätswirtschaft — Möglichkeiten einer umweltorientierten Gestaltung von Poolregeln; Herausgegeben vom Umweltbundesamt”*, Bericht 4/96, Forschungsbericht 101 06 062 UBA-FB 96-047, Berlin, Germany, 1996.
- [12] International Energy Agency, *“Energy Technologies for the 21st Century”*; Paris, 1997.
- [13] T. E. Hoff, Merig, *“Managing risk using renewable energy technologies; in: Shimon Awerbuch, AliStair Preston, The Virtual Utility: Accounting, Technology and Competitive Aspects of the Emerging Industry”*, Kluwer, Boston, 1997.
- [14] Taher, Seyed Abbas and Karimi, Mohammad Hossein, *“Optimal reconfiguration and DG allocation in balanced and unbalanced distribution systems”*, Ain Shams Engineering Journal, May, 2014.
- [15] Rao, R. Srinivasa., Ravindra, K., et all, *“Power Loss Minimization in Distribution System Using Network Reconfiguration in the Presence of Distributed Generation”*, IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, VOL. 28, NO.1, February, 2013.
- [16] Wijaya, Radika Hendri., *“Penempatan dan Penentuan Kapasitas Optimal dari Distributed Generation (DG) dengan Mempertimbangkan Maximum Loadability Menggunakan Non Dominated Sorting Genetic Algorithm-II (NSGA-II)”*, Tugas Akhir Teknik Elektro, ITS, 2012.

LAMPIRAN

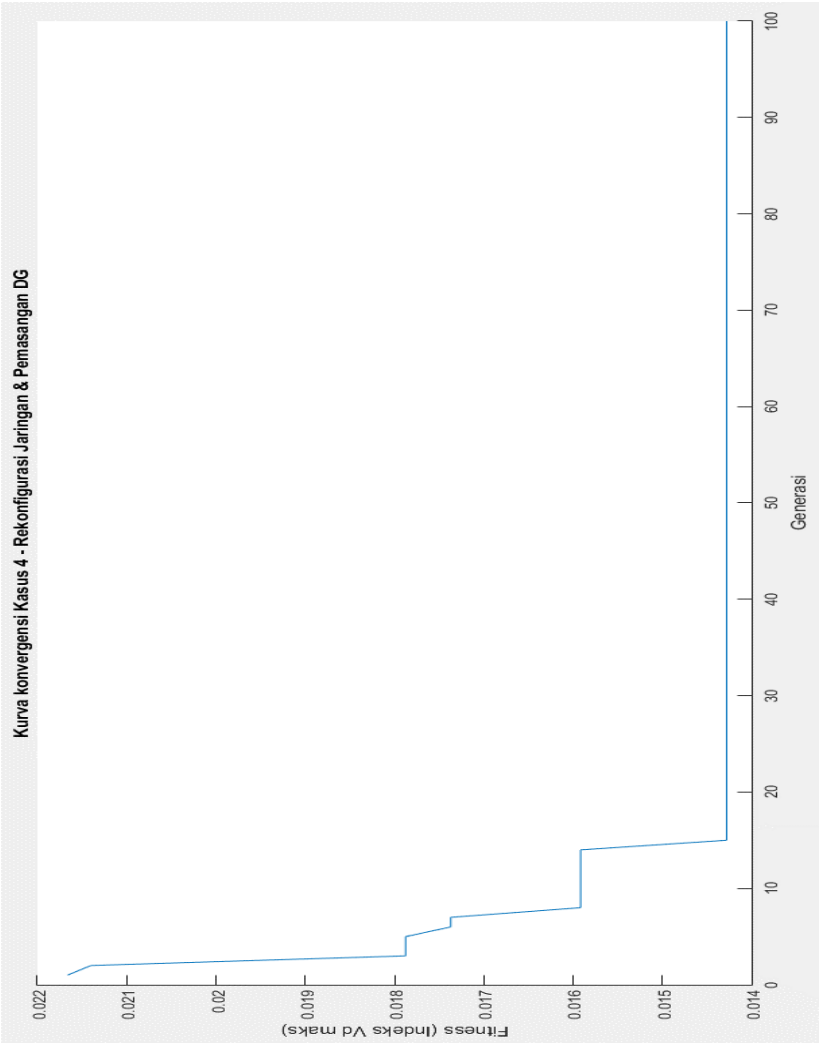
Kurva Konvergensi Kasus 2 – Rekonfigurasi Jaringan



Kurva Konvergensi Kasus 3 – Pemasangan DG



Kurva Konvergensi Kasus 4 – Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan DG



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BIOGRAFI PENULIS



Muhammad Bagus Priambodo, saat ini adalah mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Elektro Bidang Teknik Sistem Tenaga, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Lahir di Cilacap, Jawa Tengah pada 14 Mei 1990. Lulus Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 3 Cilacap, tahun 2008. Ia mendapat gelar Ahli Madya (A.Md.) dari Program D3 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta pada tahun 2012. Pada tahun 2010 pernah Kerja Praktek di PT PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi Surakarta, Jawa Tengah. Selain itu pernah pula magang di PT Panasonic Gobel Energy Indonesia, Cikarang, Bekasi, Jawa Barat pada tahun 2011. Setelah lulus D3 pada tahun 2012-2013 bekerja di PT Astra Daihatsu Motor - Sunter Assembly Plant, Jakarta Utara sebagai Foreman Maintenance and Improvement, pada Departemen Environment, Health and Safety, Divisi General Affairs.

Email : muhammad.bagus.priambodo@gmail.com

[Halaman ini sengaja dikosongkan]